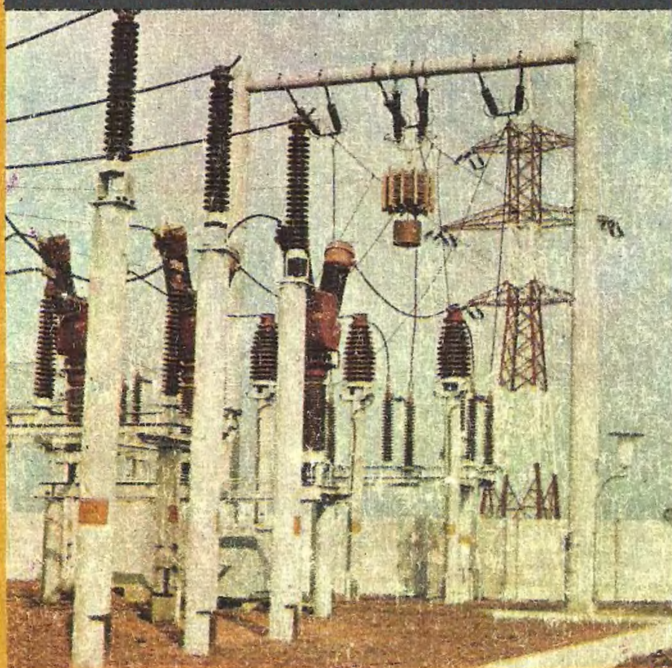
I. CONECINI • S. RĂȘANU • I. TOMESCU • A. A. IONESCU

Cartea ELECTRICIANULUI DIN STAȚII ELECTRICE ȘI POSTURI DE TRANSFORMARE



mentarea cu energie electrică a tuturor categoriilor de consumatori, un accent deosebit s-a pus pe examinarea cauzelor care pot provoca defecte. Sînt descrise cele mai caracteristice incidente și avarii care pot apărea în timpul funcționării instalațiilor electrice, precum și măsurile ce trebuie luate de personalul de exploatare pentru înlăturarea acestora.

În ultimele capitole sînt tratate amănunțit problemele legate de organizarea exploatării, întreținerii și a intervențiilor operative, sarcinile personalului de exploatare, principiile de executare a manevrelor, noțiuni de protecția muncii, prevenirea și stingerea incendiilor.

În încheiere, exprimăm mulțumirile noastre dr. ing. Ion N. Chiuță de la Institutul Politehnic București, pentru prețioasele sugestii făcute cu prilejul controlului științific al lucrării.

Autorii

Cuprins

Capitolul 1

PRINCIPALELE ELEMENTE ALE UNUI SISTEM ENERGETIC

1.1. STAŢIILE ELECTRICE ŞI POSTURILE DE TRANSFORMARE, ELEMENTE COMPONENTE ALE SISTEMULUI ENERGETIC

În perioada actuală se constată, pe plan mondial, o tendință generală şi susţinută de electrificare a unui număr tot mai mare de procese de producţie în toate ramurile industriale, în transporturi, în agricultură şi pentru utilizările casnice, ceea ce face ca ritmul de creştere a consumului de energie electrică să fie net superior (în medie aproape dublu) faţă de cel al creşterii consumului general de energie. Ca urmare, dezvoltarea sistemelor energetice şi respectiv asigurarea mijloacelor necesare producerii, transportului şi distribuţiei energiei electrice, în ansamblul economiei naţionale, are o deosebită importanţă.

Sistemul energetic cuprinde ansamblul instalaţiilor care servesc pentru producerea energiei într-o formă utilizabilă, conversia acesteia în energie electrică şi uneori combinat în energie electrică şi energie termică, transportul, transformarea, distribuţia şi utilizarea energiei electrice sau termice. Toate elementele unui sistem energetic sînt caracterizate printr-un proces coordonat de producere, transport, distribuţie şi consum de energie electrică sau termică.

Sistemul electroenergetic este un ansamblu de centrale, staţii, posturi de transformare şi receptoare de energie electrică, conectate între ele prin liniile unei reţele electrice. Sistemul electroenergetic reprezintă partea electrică a sistemului energetic şi cuprinde instalaţiile de producere a energiei electrice (generatoarele), instalaţiile de transformare a acesteia de la o tensiune la alta (staţii şi posturi de transformare), instalaţiile de transport şi distribuţie a energiei electrice (reţele de înaltă, medie şi joasă tensiune) şi instalaţiile de utilizare a acesteia.

Realizarea și evoluția sistemului energetic în țara noastră au fost determinate de caracterul dinamic al dezvoltării economiei naționale și de creșterea rapidă a gradului de utilizare a energiei electrice în toate domeniile de activitate.

Extinderea și perfecționarea organizării sistemului energetic național constituie una din principalele sarcini stabilite prin „Programul de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei pînă în 1990 și orientările principale pînă în anul 2000", program-directivă aprobat încă la Congresul al XII-lea al P.C.R., care stabilește liniile directoare ale politicii energetice în țara noastră.

Dacă, din punct de vedere istoric, energetica din țara noastră este caracterizată printr-o dezvoltare lentă și inegală în etapa pînă la 23 August 1944, după această dată are loc o dezvoltare planificată, cu ritmuri superioare de creștere.

Dezvoltarea continuă a consumului de energie electrică în diverse ramuri industriale și similare, ca și în mediul urban și rural a condus la o creștere continuă și la o diversificare a stațiilor electrice și posturilor de transformare.

În prezent, în sistemul energetic național sînt în funcțiune peste 1 000 stații electrice de transformare și de conexiuni și peste 55 000 posturi de transformare și puncte de alimentare.

Ca elemente principale ale unui sistem energetic, *stațiile electrice, punctele de alimentare și posturile de transformare* pot fi privite drept noduri electrice în care se injectează sau se consumă energie printr-o serie de derivații electrice (circuite). Stația electrică, punctul de alimentare sau postul de transformare sînt formate dintr-un ansamblu de circuite dispuse ordonat într-un spațiu determinat, iar nodul electric apare extins în spațiu sub forma barelor colectoare.

Deoarece punctele de alimentare și posturile de transformare sînt stații electrice de conexiuni și respectiv de transformare, de medie tensiune sau care asigură coborîrea tensiunii electrice alternative la valoarea necesară alimentării rețelei electrice de distribuție a energiei la consumatori, denumirea de *stație electrică* va fi folosită în sensul general de stație electrică de transformare, stație de conexiuni, punct de alimentare și post de transformare.

Pentru situațiile particulare la care apar diferențe între aceste categorii de instalații se vor face precizările necesare.

Ca definiție generală, *stația electrică* este un ansamblu de instalații electrice și de construcții, inclusiv anexele, care face parte dintr-un sistem energetic și în care se realizează cel puțin una din următoarele funcțiuni: evacuarea puterii produse în centrale, conexiunea unor linii în vederea efectuării unui tranzit de putere, distribuirea energiei electrice unor consumatori la aceeași tensiune sau la alte tensiuni (prin intermediul transformatoarelor).

Ca definiție generală, *postul de transformare* — constructiv și funcțional — este o stație electrică de transformare coborîtoare, cu o putere obișnuită pînă la 2 500 kVA, în care tensiunea energiei electrice este coborîtă de la o tensiune medie (peste 1 000 V) la joasă tensiune (sub 1 000 V), în scopul alimentării rețelelor electrice de utilizare.

Similar, *punctul de alimentare* este o stație electrică care realizează conexiunea unor linii de medie tensiune în vederea efectuării unui tranzit de putere.

Tot ca definiție generală, *echipamentul electric* sau *aparatul electric* — ca noțiuni similare utilizate în prezenta lucrare — constituie un ansamblu de piese și dispozitive atașate unei instalații electrice pentru a-i asigura funcționarea în bune condiții, pentru a permite reglarea, controlul și protejarea automată sau neautomată, precum și pentru modificarea funcționării stațiilor și posturilor de transformare.

1.2. CLASIFICAREA STAȚIILOR ELECTRICE ÎN FUNCȚIE DE ROLUL LOR ÎN SISTEMUL ENERGETIC

După rolul lor în sistemul energetic, stațiile electrice pot fi împărțite în următoarele categorii [8] :

— *Stații de evacuare* sînt stațiile a căror funcțiune este de a realiza injecția în sistemul energetic a puterii datorită racordării directe pe bare a unor blocuri generator-transformator.

— *Stații de conexiuni* sînt stații a căror funcțiune este de a realiza tranzitul de putere între două sau mai multe puncte ale sistemului energetic, la aceeași tensiune sau între diferite nivele de tensiune, în scopul injecției de putere pentru zonele de consum înconjurătoare, fără a alimenta direct consumatori concentrați.

— *Stații de distribuție* sînt stațiile a căror funcțiune este de a alimenta direct consumatori prin transformatoare montate în stație sau prin linii de racord adînc.

— *Stații cu funcții multiple* sînt stațiile care îndeplinesc mai multe funcțiuni dintre cele descrise anterior.

— *Stații de racord adînc* reprezintă un caz particular al stațiilor de distribuție. Aceste stații sînt situate la consumatori, alimentarea făcîndu-se în aducerea directă a tensiunii înalte (foarte înalte) în apropierea centrului de greutate al sarcinii consumatorului, cu un număr minim de aparate și trepte de transformare intermediare.

Într-o clasificare mai simplistă, stațiile electrice pot fi împărțite în *stații de transformare*, care primesc și distribuie energia electrică după ce o transformă de la o tensiune la alta și *stații de conexiuni*, care reprezintă noduri ale sistemului energetic, realizînd legătura între mai multe linii de interconexiune.

După cum stațiile electrice debitează energia la o tensiune mai mare sau mai mică decît aceea la care o primesc, ele pot fi *ridicătoare* sau *coborîtoare*.

Stațiile de transformare ridicătoare sînt amplasate în imediata apropiere a centralelor electrice și au rolul de a ridica tensiunea în scopul transportului economic al energiei electrice, prin liniile de înaltă tensiune.

Stațiile de transformare coborîtoare au rolul de a coborî tensiunea pînă la valoarea necesară pentru distribuirea ei prin rețelele de medie și joasă tensiune.

În funcție de schemele de conexiuni stațiile electrice se împart în două categorii și anume:

— stații fără bare colectoare;

— stații cu bare colectoare.

Acestea din urmă se subdivid în schema cu 1, 2 sau 3 bare colectoare, cu sau fără posibilități de ocolire a întreruptoarelor circuitelor aferente.

1.3. CLASIFICAREA POSTURILOR DE TRANSFORMARE ȘI A PUNCTELOR DE ALIMENTARE.

Tipurile de posturi de transformare și puncte de alimentare sînt diferite în funcție de puterea nominală, modul de racordare la rețea, felul consumatorilor (permanenți, temporari, urbani sau rurali) și soluția constructivă.

Ele sînt grupate în trei categorii reprezentative:

— Posturi de transformare aeriene montate pe stîlpi de beton sau de lemn, pentru alimentări rurale cu puteri cuprinse între 20—250 kVA, racordate la derivațiile rețelelor de 6(10) sau 20(15) kV;

— Posturi de transformare în construcție metalică așezate direct pe sol, pentru alimentări urbane sau temporare (șantiere) cu puteri cuprinse între 100—1 000 kVA;

— Posturi de transformare în încăperi supraterane sau subterane (în cabine de zid, în încăperi special rezervate din incinte tehnologice, la parterul blocurilor de locuințe, în construcție subterană, etc.), alimentînd consumatorii permanenți din rețelele urbane și consumatori industriali sau agroindustriali.

În general toate aceste tipuri de posturi de transformare se realizează cu elemente prefabricate, aceasta prezintă următoarele avantaje:

— execuție industrială;

— montarea rapidă;

— refolosire totală a prefabricatelor în caz de desființare a postului;

— siguranţă în exploatare, deservire simplă şi uşor accesibilă;

— schimbarea puterii transformatorului de forţă în limitele indicate pentru fiecare tip de post se face prin înlocuiri simple ale aparatajului de măsurare şi eventual a coloanei de joasă tensiune.

Punctele de alimentare se instalează în general în reţelele urbane sau la consumatori industriali şi reprezintă staţii de conexiuni de 6—20 kV, combinate uneori cu un post de transformare. Ca urmare punctele de alimentare se realizează în încăperi supraterane sau subterane, diferenţierea lor stabilindu-se în general în funcţie de schema de conexiuni adoptată, cu bară simplă, simplu secţionată sau bară dublă şi în funcţie de caracteristicile echipamentelor instalate.

Capitolul 2

SCHEME DE CONEXIUNI ŞI SOLUŢII CONSTRUCTIVE PENTRU STAŢII ŞI POSTURI DE TRANSFORMARE

2.1. SCHEME DE CONEXIUNI FOLOSITE LA STAŢIILE ELECTRICE

2.1.1. CRITERII GENERALE TEHNICE ŞI ECONOMICE PENTRU ALEGEREA SCHEMELOR DE CONEXIUNI

Schemele electrice de conexiuni ale instalaţiilor primare din staţiile electrice constituie elementul caracteristic cel mai important al unei astfel de instalaţii. Tendinţa de a se realiza instalaţii cît mai bine adaptate scopului pentru care au fost create şi mijloacele disponibile au condus la apariţia unui număr mare de tipuri şi variante de scheme electrice de conexiuni, determinate de condiţii din ce în ce mai complexe şi variate în care este pusă să funcţioneze o staţie electrică. Acest proces de diversificare a antrenat în acelaşi timp dificultăţi crescînde în determinarea soluţiei optime, a celei mai indicate scheme de conexiuni pentru o anumită staţie. Astfel, la alegerea unei scheme de conexiuni a unei staţii electrice este necesar să se aibă în vedere, în afară de caracteristicile specifice ale instalaţiei analizate, şi o serie de criterii care pot să influenţeze structura schemei. În acest scop se ţine seamă de [1] :

— *Condiţiile de funcţionare ale sistemului energetic în punctul respectiv*, care se referă la tensiunile necesare, circulaţiile de curenţi în diverse regimuri, puterile şi curenţii de scurtcircuit, necesităţile de secţionare pentru izolarea anumitor consumatori, condiţiile legate de comportarea în timpul avariilor, posibilităţile de extindere (elasticitatea în timp), prevederea de instalaţii de reglaj etc.

— *Caracteristicile consumatorilor alimentaţi*, referitoare la siguranţa în funcţionare a acestor consumatori, respectiv la exigenţa necesară cu privire la frecvenţa şi durata întreruperilor. De asemenea, consumatorii

pot influența alegerea schemei de conexiuni prin anumite caracteristici funcționale specifice, ca de exemplu necesitatea atenuării efectelor unor șocuri de putere activă sau reactivă, a unor regimuri deformante, a disimetriilor de curent etc.

— *Caracteristicile echipamentului,* respectiv calitatea echipamentului, pot influența structural schema de conexiuni. În mod deosebit siguranța în funcționare a întreruptoarelor, a transformatoarelor și autotransformatoarelor utilizate influențează asupra tipului de schemă folosit.

— *Condițiile de exploatare,* care se referă la amplasarea pe teren (forma și dimensiunile terenului) și la claritatea schemei pe care trebuie să o ofere personalului de exploatare.

— *Criteriul economicității,* care este introdus prin intermediul unui indicator tip de eficiență economică, cel al cheltuielilor anuale minime de calcul. În acest fel, se ține seamă atît de cheltuielile anuale datorate reviziilor-reparațiilor, retribuțiilor, consumului propriu tehnologic, pierderilor de energie, costul energiei nelivrate datorită întreruperilor planificate sau accidentale (daune de continuitate), penalizările pentru abaterile de la valorile nominale ale parametrilor de calitate a energiei electrice (daune de calitate), cît și de investițiile efectuate și termenul normat de recuperare a investiției.

Soluția optimă reprezintă deci compromisul între volumul investițiilor, cheltuielile anuale și daunele medii probabile.

2.1.2. PRINCIPALELE SCHEME ELECTRICE DE CONEXIUNI FOLOSITE

2.1.2.1. SCHEME CU BARE COLECTOARE SIMPLE

Schemele de conexiuni ale stațiilor electrice cuprind în categoria aparatelor de comutație în principal întreruptoare, separatoare, separatoare de sarcină, siguranțe fuzibile. Bara colectoare apare ca un nod electric dilatat și, fiind dispusă transversal pe direcția circuitelor aferente de linie, transformator etc., permite exploatarea comodă a stației.

Denumirea este legată de faptul că aici se colectează energia de la circuitele de injecție (bunăoară transformatoarele T_1 și T_2), redistribuindu-se apoi de exemplu pe linii, ca în fig. 2.1.1.

Separatoarele au rolul de a izola întreruptorul după ce acesta a fost deschis, în vederea reviziilor, reparațiilor. Separatoarele de legare la pămînt se închid atunci cînd linia urmează să fie scoasă în revizie, repa-

rație. Deoarece normele de tehnica securității și protecției personalului prevăd scurtcircuitarea căilor de acces ale tensiunii în punctul de lucru, la tensiuni foarte înalte se preferă folosirea cuțitelor de legare la pămînt ale separatoarelor în loc de scurtcircuitoarele mobile ancombrante. În acest fel întreruptorul poate apare încadrat de două cuțite de legare la pămînt, ca în cazul circuitului liniei L_3.

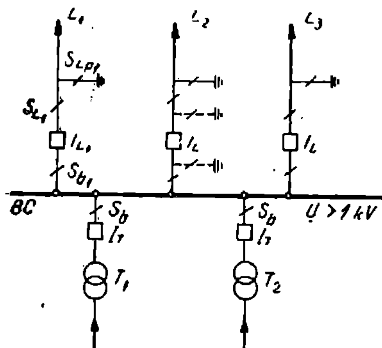


Fig. 2.1.1. Schema unei stații cu bare colectoare simple.

De obicei, prin deschiderea lui I_T, transformatorul nu rămîne sub tensiune ci se deconectează și din partea opusă stației în discuție. În acest fel nu mai este necesară prevederea unui separator între I_T și transformator.

În cazul liniilor electrice, situația este întrucîtva diferită; deoarece se poate primi tensiune de la capătul opus sau chiar după ce s-a deconectat de la capătul opus, linia poate rămîne încărcată capacitiv ori poate fi atinsă de trăznet, este necesară prevederea separatorului de linie S_L.

Dacă linia urmează să fie scoasă în revizie/reparație, atunci se face cunoscută telefonic această intenție, personalului de la dispecer pentru coordonarea manevrei cu stația de la celălalt capăt al liniei, unde de asemenea se vor face aceleași manevre.

La retragerea din exploatare a unei linii, după deconectarea întreruptorului, ordinea de manevrare S_L/S_b nu este întîmplătoare. În eventualitatea puțin probabilă, dar posibilă, ca întreruptorul să nu fie acționat efectiv, deși se indică efectuarea manevrei de către dispozitivele de semnalizare, se preferă distrugerea separatorului S_L și nu a lui S_b. Deteriorarea lui S_b ar putea scoate din funcțiune stația un timp mai îndelungat, toate circuitele racordate la bară, fără excepție, rămînînd nealimentate. În schimb deteriorarea lui S_L scoate din funcțiune cel mai probabil doar circuitul pe care-l echipează.

2.1.2.2. SECȚIONAREA BARELOR COLECTOARE

Secționarea longitudinală a barei colectoare în două secții de bare colectoare (*SBC 1, 2*) se face cu unul, cu două separatoare sau cu o cuplă longitudinală funcție de gradul de elasticitate dorit, fig. 2.1.2 *a, b, c*.

Revizia secțiilor de bare se face pe rînd prin deconectarea prealabilă a circuitelor aferente secției respective și a separatorului S_{CL}; doar revizia separatorului S_{CL} implică scoaterea din funcționare a întregii

bare colectoare, fig. 2.1. 2 *a*. Aceasta se poate remedia prin înserierea a două separatoare de cuplă longitudinală ca în fig. 2.1.2 *b*, cînd revizia unei secţii de bare se extinde şi la separatorul de cuplă alăturat, celălalt separator de cuplă fiind deschis. Secţionarea longitudinală cu separatoare realizează totuşi un grad de elasticitate modest, caracterizat prin aceea că orice defect pe una din secţiile de bare conduce la declanşarea întregii staţii, funcţionarea secţiei neavariate fiind reluată după izolarea secţiei defecte prin deschiderea cuplei.

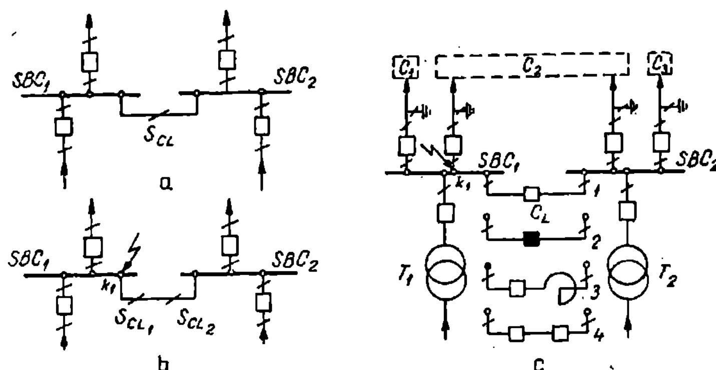


Fig. 2.1.2. Secţionarea longitudinală a barei colectoare : *a* — printr-un separator ; *b* — prin două separatoare ; c — prin cuplă longitudinală.

Prezenţa întreruptorului de cuplă longitudinală oferă elasticitate sporită. În regimul de funcţionare de cuplă închisă, varianta (1) în fig. 2.1.2 *c*. apare evident avantajul că în cazul unui defect pe una din secţii cealaltă secţie de bare îşi continuă neîntreruptă funcţionarea prin declanşarea întreruptorului cuplei.

În regimul de funcţionare cu cupla normal deschisă, pentru limitarea curenţilor de scurtcircuit, varianta (2), staţia este în general alimentată de la două surse diferite, fie acestea transformatoarele T_1 şi T_2, iar acţionarea întreruptorului cuplei este supravegheată de automatizarea AAR (anclanşarea automată a rezervei) ; astfel, cu ocazia defectării unui transformator, întreruptorul său deconectează şi după o scurtă pauză de timp în care secţia de bare aferentă rămîne nealimentată, anclanşează întreruptorul cuplei longitudinale şi secţia întreruptă este realimentată de la transformatorul rămas, care preia toată sarcina staţiei. Anterior, cupla era în rezervă caldă avînd separatoarele închise.

Uneori, din motive de limitare a plafonului curenţilor de scurtcircuit pe bară, cupla include şi un reactor (varianta 3, fig. 2.1.2 *c*).

În sfîrşit, în cazuri rare cînd se doreşte o elasticitate şi o siguranţă sporită a circuitului de cuplă, se înseriază două întreruptoare (varianta 4, fig. 2.1.2 *c*).

Această schemă electrică de conexiuni, cu bara secţionată longitudinal, a căpătat o largă răspîndire mai ales la 6—20 kV. Bara, executată de obicei din bară sau ţeavă de aluminiu, contribuie şi mai mult la reducerea cheltuielilor de întreţinere ale staţiei electrice.

2.1.2.3. SCHEME CU O BARĂ COLECTOARE ŞI O BARĂ DE OCOLIRE (TRANSFER)

Introducerea barei de ocolire şi a circuitului de cuplă de ocolire se face pentru a înlătura dezavantajul schemelor de comutaţie cu bare colectoare simple, de a întrerupe alimentarea consumatorilor pe perioada lucrărilor de întreţinere.

În fig. 2.1.3 se prezintă schema de conexiune a unei astfel de staţii. Se oferă posibilitatea scoaterii în revizie-reparaţie a oricărui întreruptor din instalaţie fără sacrificarea continuităţii în alimentare, prin înserierea cuplei de ocolire. Astfel pentru linia L_3 de exemplu, se creează o a doua cale de alimentare „ocolită", desenată punctat în fig. 2.1.3, prin închiderea cuplei şi separatorului de ocolire aferent liniei, S_{OCL_3}.

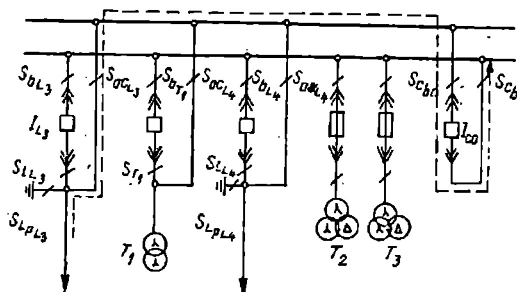


Fig. 2.1.3. Schema principială a unei staţii cu un sistem de bare colectoare şi bară de ocolire (transfer).

Întreruptorul I_{L_3} urmează să fie scos în revizie-reparaţie, locul lui fiind luat acum de I_{CO}.

Testarea pasageră cu I_{CO} a barei de ocolire, impusă de ordinea manevrelor, în cazul în care L_3 este deja în funcţiune pare o manevră complicată inutil. Ea este însă necesară pentru încercarea cu tensiune a barei de ocolire. Bara de ocolire se mai numeşte şi bară de transfer.

Ocolirea tuturor circuitelor nu este necesară. În fig. 2.1.3 s-a arătat că transformatoarele cu trei înfășurări nu au fost racordate la bara de ocolire, ele putînd să asigure alimentarea consumatorilor și deci putînd fi retrase din exploatare.

2.1.2.4. SCHEME CU DUBLU SISTEM DE BARE COLECTOARE ȘI UN ÎNTRERUPTOR PE CIRCUIT

Este schema care a căpătat o largă răspîndire în instalațiile de comutație electroenergetică de unde se alimentează consumatori mai importanți. În comparație cu schema cu sistem simplu de bare, schema cu dublu sistem de bare colectoare oferă un grad de elasticitate sporită prin posibilitatea racordării circuitelor aferente la oricare din cele două noduri electrice (bare colectoare).

Fiecare circuit se racordează la sistemul dublu de bare colectoare prin intermediul întreruptorului și a două separatoare de bare, fig. 2.1.4.

Există două variante ale schemei cu bare duble, funcție de amplasarea pe teren. În prima variantă (fig. 2.1.4), stația realizată ocupă mai mult teren, iar prin extindere stația își mărește repede dimensiunea

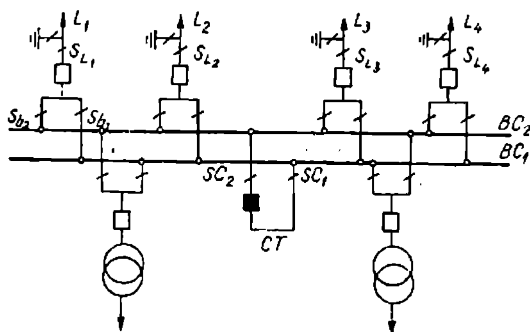


Fig. 2.1.4. Schema unei stații cu dublu sistem de bare și plecări într-o singură direcție.

paralelă cu *BC*. În varianta din fig. 2.1.5, terenul este bine ocupat, cu condiția să existe plecări în ambele direcții. Stația este compactă.

Schema oferă două posibilități de funcționare în regim normal:

1) Toate circuitele se racordează la un singur sistem de bare (sistemul de bare de lucru) al doilea sistem fiind liber, în rezervă caldă, menținut sub tensiune prin intermediul circuitului de cuplă transversală *CT*.

2) Instalația funcționează, de regulă, cu consumatorii și sursele repartizate pe cele două sisteme de bare colectoare cu cupla transversală închisă sau deschisă.

Rolurile cuplei transversale pot fi prezentate sub o formă condensată, astfel:

— permite trecerea circuitelor de pe un sistem de bare colectoare pe altul fără întreruperea circuitului respectiv;

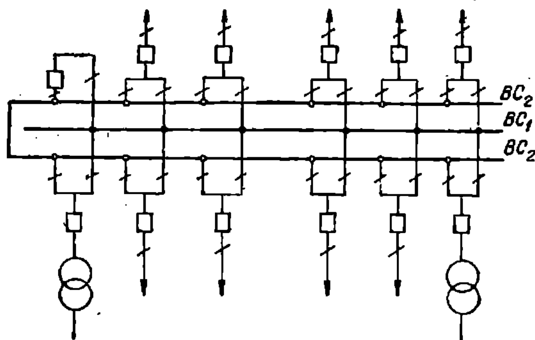


Fig. 2.1.5. Schema unei stații cu dublu sistem de bare și plecări în ambele direcții.

— servește pentru controlul integrității sistemelor de bare colectoare după revizia acestora;

— se poate substitui oricărui întreruptor din instalație care este defect sau urmează a fi scos în revizie.

a) *Trecerea unui circuit de pe o bară pe alta* se face conform exemplificării de mai jos pentru cazul liniei L_1 racordate la bara colectoare BC_1, din fig. 2.1.4.

Manevra de schimbare a barei colectoare cu menținerea funcționării continue implică trei etape, și anume:

1) închiderea cuplei și deci punerea în paralel a celor două sisteme de bare cu controlul prealabil al sincronismului;

2) comutarea separatoarelor de bară;

3) revenirea la funcționarea cu cupla deschisă. Pentru a evita manevrarea separatoarelor sub curent numai pe timpul scurt al etapei a doua, se deconectează protecția cuplei transversale.

Experiența exploatării stațiilor cu scheme de conexiuni mai dezvoltate a relevat oportunitatea introducerii unor blocaje pentru a evita manevrarea greșită a separatoarelor.

b) *Controlul integrității barelor colectoare* se face de regulă la terminarea reviziei. Orice scurtcircuit pe această bară duce la deconectarea in-

stantanee a întreruptorului cuplei (acționat de protecția sa prin relee care au fost expres reglate să funcționeze fără reținere de timp), indicînd că revizia trebuie reluată și remediate eventualele defecțiuni. În cazul în care cupla nu declanșează înseamnă că este asigurată integritatea barei colectoare și se poate conta pe ea pentru manevre.

c) *Înlocuirea unui întreruptor defect* sau care urmează a fi scos în revizie poate fi făcută cu ajutorul circuitului de cuplă transversală prin două întreruperi în funcționare, relativ de scurtă durată, în care caz celula în cauză se racordează singură la un sistem de bare.

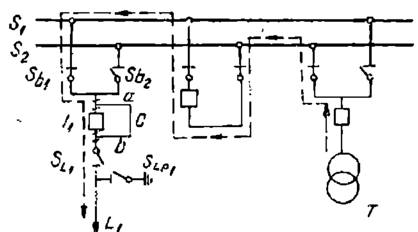


Fig. 2.1.6. Substituirea întreruptorului unui circuit cu întreruptorul cuplei transversale.

Fie schema simplă din fig. 2.1.6. Se presupune că s-a defectat întreruptorul I_1 al liniei L_1, prin el trece sarcina liniei dar el nu mai poate realiza operația de întrerupere a circuitului. Pentru repararea și înlocuirea sa cu întreruptorul cuplei pe perioada reparației, se procedează astfel :

Se degajează complet un sistem de bare colectoare, de exemplu S_1, trecînd toate circuitele pe celălalt sistem de bare S_2, cu excepția circuitului în cauză. Cupla transversală rămînînd închisă rezultă că s-a inserіat cu circuitul cu întreruptor defect, manevra fiind făcută cu menținerea continuității în alimentare. Toate funcțiunile întreruptorului defect au fost preluate de întreruptorul de cuplă. Se poate deschide circuitul sau se poate funcționa așa pînă ce dispecerul aprobă scoaterea în reparație a întreruptorului defect.

Pentru scoaterea în reparație, se deschide cupla și se separă întreruptorul defect prin desfacerea legăturilor *c* și refacerea legăturilor *a*, *b*. Se reia funcționarea normală a stației.

2.1.2.5. SCHEME CU BARE COLECTOARE DUBLE ȘI BARĂ DE OCOLIRE (TRANSFER)

Introducerea barei de ocolire (transfer) nu se justifică decît pentru stații importante care vehiculează mari cantități de energie pe mai multe linii.

Presupunînd că se dorește scoaterea în revizie a întreruptorului I_1 al circuitului de linie racordat de exemplu la sistemul de bare S_1, se

creează o a doua cale de alimentare în paralel a circuitului respectiv prin cupla de ocolire, fig. 2.1.7.

Întreruptorul cuplei este echipat cu aceeași protecție ca și întreruptorul liniei pe care l-a ocolit.

Schema de comutație, așa cum este prezentată în fig. 2.1.7, cu ambele tipuri de cuple, se referă în general la stații întinse, cu multe circuite.

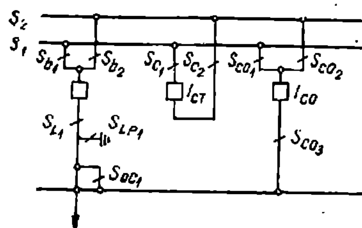


Fig. 2.1.7. Schema unei stații cu dublu sistem de bare și bară de ocolire cu ambele tipuri de cuple.

Pentru stații cu mai puține circuite există scheme mai simple și mai ieftine care pot îndeplini — pe rînd — cu un singur întreruptor, rolurile ambelor cuple, transversală și de ocolire.

a) *Cupla combinată* poate realiza atît configurația de cuplă transversală (S_2, S_3, S_4 și I închise, S_1 deschis), cît și de cuplă de ocolire (S_4 deschis). Dezavantajul constă în imposibilitatea folosirii simultane a celor două cuple, fig. 2.1.8 *a*.

b) *Cupla combinată simplificată* economisește un separator față de cupla combinată (fig. 2.1.8 *b*), cumulînd însă dezavantajul de a nu ocoli decît circuitele racordate la unul din sistemele de bare (SBC_1 în cazul figurii). Ocolirea și a circuitelor racordate la SBC_2 implică trecerea lor prealabilă pe SBC_1 folosind la cuplă mai întîi configurație transversală și apoi cea de ocolire.

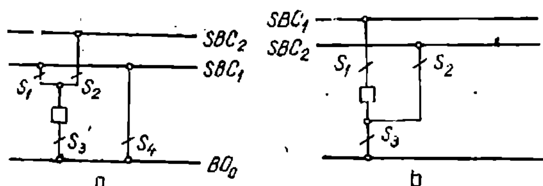


Fig. 2.1.8. Cuple :
a — cuplă combinată ; *b* — cuplă combinată simplificată.

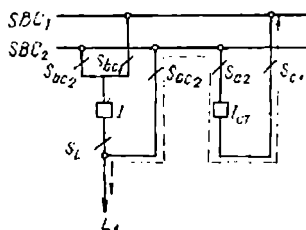


Fig. 2.1.9. Schema cu separatoare de ocolire.

c) *Schema cu separatoare de ocolire* reține doar cupla transversală, ocolirea avînd loc cu ajutorul acesteia și al unui separator de ocolire. Este suprimată bara de ocolire propriu-zisă, locul acesteia luîndu-l chiar o bară colectoare (SBC_2 în cazul fig. 2.1.9). O asemenea schemă este deosebit de economică. Schema prezintă însă dezavantajul că poate folosi cupla doar pentru o singură operație ; pe timpul înlocuirii unui

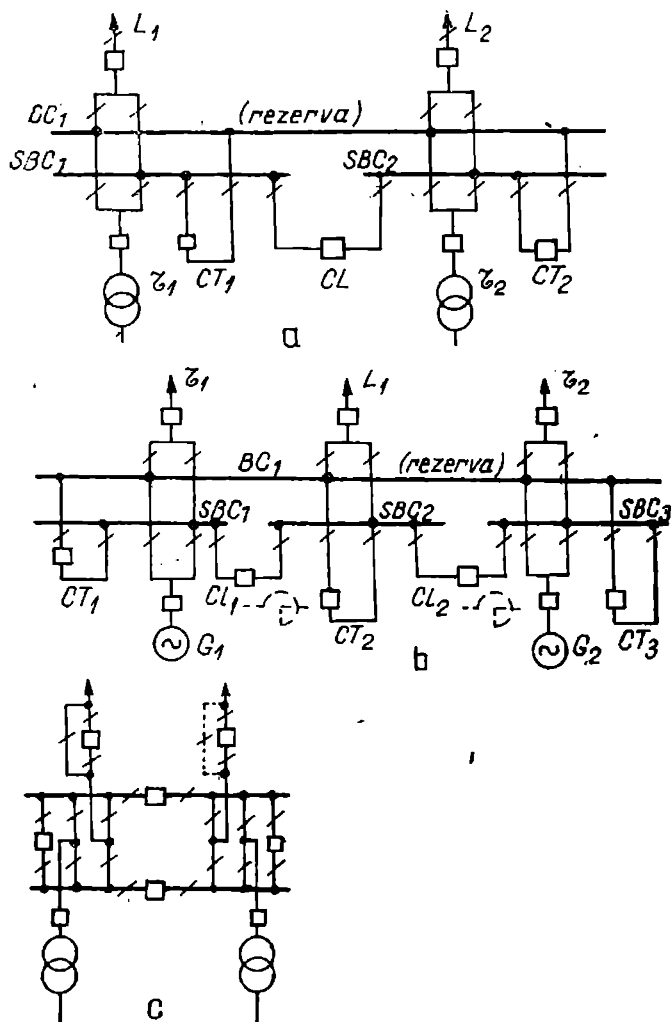


Fig. 2.1.10. Secționarea longitudinală a barelor colectoare : a — schema cu bare duble cu două secții longitudinale ; b — schema cu bare duble cu trei secții longitudinale ; c — schema cu bare duble cu ambele bare secționate.

întreruptor cupla se blochează împreună cu sistemul 2 de bare, care devine bară de ocolire. Celelalte (n — 1) circuite sînt trecute în prealabil pe sistemul de bare SBC_1, unde un singur defect scoate din funcțiune toată stația.

2.1.2.6. SECȚIONAREA LONGITUDINALĂ A BARELOR COLECTOARE DUBLE

Se recurge la secționarea longitudinală a ambelor sau numai a unuia dintre cele două sisteme de bare din aceleași motive ca în cazul schemelor cu un sistem de bare colectoare.

De obicei se secționează numai un sistem (denumit bară de lucru) în două sau trei secții longitudinale, celălalt sistem (denumit bară de rezervă) rămînînd nesecționat.

Cu ocazia avarierii unei secții longitudinale, funcționarea este preluată de bara de rezervă prin intermediul circuitelor de cuplă, fig. 2.1.10 *a*, *b*.

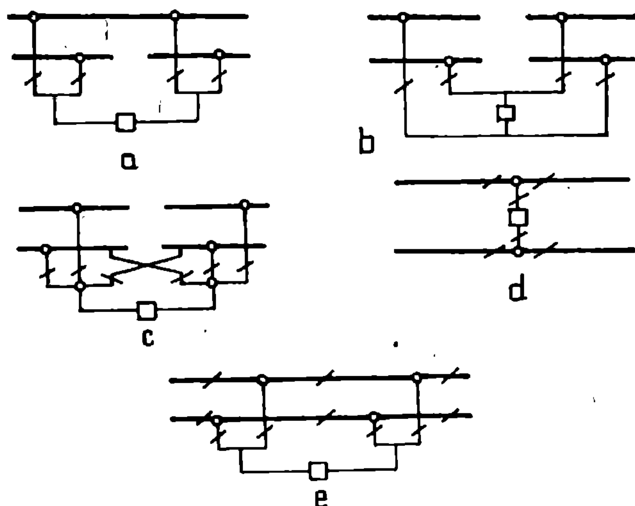


Fig. 2.1.11. Cuple longo-transversale.

Uneori se secționează ambele bare colectoare prin cîte două separatoare înseriate sau prin celule cu întreruptor, fig. 2.1.10 *c*.

În anumite situații, în scopul realizării unor economii de investiții prin reducerea numărului de celule de cuplă, se folosesc cuple combinate longo-transversale, fig. 2.1.11 *a*, *b*, *c*, *d*, *e*.

Realizarea fizică implică însă soluţii constructive mai complicate, necesitînd spaţiu relativ mare sau încrucişări de conductoare care sporesc probabilitatea de apariţie a avariilor, cu urmări grave în special pentru cazul celulelor de cuplă.

Întrucît cuplele combinate îndeplinesc mai multe funcţiuni, în timpul exploatării pot apare situaţii în care cupla rămîne blocată într-o anumită poziţie şi deci devine indisponibilă pentru cea de a doua poziţie.

2.1.2.7. SCHEME CU BARE DUBLE ŞI DOUĂ ÎNTRERUPTOARE PE CIRCUIT

Realizează o siguranţă mai mare în funcţionare. Cu cele două întreruptoare fiecare circuit îşi continuă funcţionarea neîntreruptă cu ocazia reviziei unui întreruptor. Dacă totuşi apare un defect chiar într-unul din întreruptoare, după izolarea acestuia prin separatoarele aferente, circuitul respectiv îşi reia funcţionarea prin celălalt întreruptor, fig. 2.1.12. Schema face economie de un circuit de cuplă, în fond oricare din celulele racordate prin două întreruptoare putînd realiza performanţele cuplei.

În funcţionarea normală, ambele sisteme de bare sînt sub tensiune şi toate întreruptoarele sînt conectate.

Se observă că, în caz de scurtcircuit pe una din bare, *funcţionarea nu este întreruptă* — declanşează toate întreruptoarele racordate la bara respectivă, toate circuitele rămînînd în continuare în funcţiune.

În cazul unui defect pe un circuit declanşează ambele întreruptoare aferente.

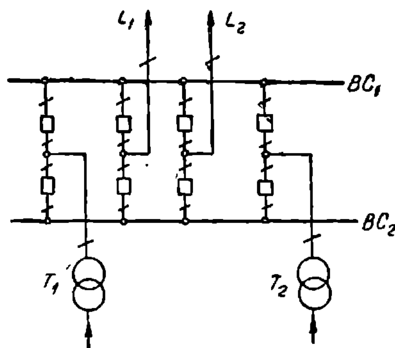


Fig. 2.1.12. Schema cu bare duble şi două întreruptoare pe circuit.

Toate manevrele de comutare se execută numai cu întreruptoare, separatoarele servind numai pentru scoateri în revizie, fapt care contribuie la creşterea siguranţei în funcţionare.

Deoarece schema dublează practic echipamentul şi prin natura sa mai complicată este supusă erorilor de manevră, prezintă şi un important efect contrar celui scontat (de creştere a siguranţei). Din aceste motive, schema nu s-a extins prea mult la noi în ţară.

În sfîrşit, cele două întreruptoare aferente unui singur circuit pot cumula şi funcţia de secţionare a barelor, ca în fig. 2.1.13. Se observă

de asemenea că nu la toate circuitele revin două întreruptoare, în felul acesta se reduce selectiv investiţia fără a diminua siguranţa în funcţionare a circuitelor considerate importante (bunăoară de transformator).

S-au încercat variante intermediare între schemele cu 1 şi cu 2 întreruptoare pe circuit, cu scopul de a reduce investiţia.

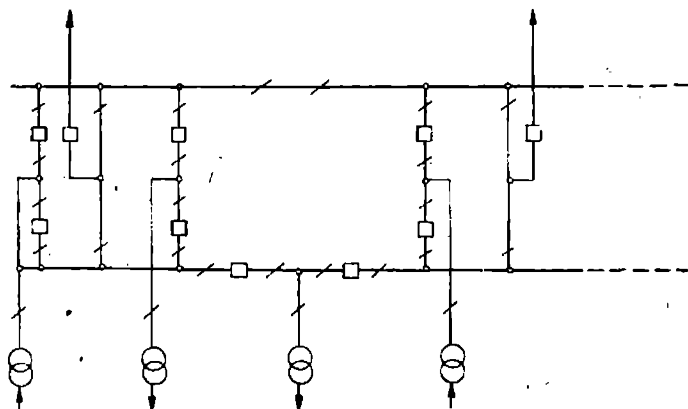


Fig. 2.1.13. Schema cu bare duble secţionate şi două întreruptoare pe circuit.

2.1.2.8. SCHEME CU BARE COLECTOARE DUBLE ŞI UN NUMĂR FRACŢIONAR DE ÎNTRERUPTOARE PE CIRCUIT

Schema cu 3/2 întreruptoare pe circuit, cunoscută şi sub denumirea de schemă cu 1 $^1/_2$ întreruptoare pe circuit, cumulează practic principalele avantaje ale schemei cu două întreruptoare pe circuit. Totuşi, spre deosebire de schema precedentă, dacă se face revizia întreruptorului *1* de exemplu (transformatorul T_1 alimentat de la BC_1 prin întreruptoarele *2* şi *3*), la un scurtcircuit pe circuitul de pe aceeaşi ramură al liniei L_1 declanşează ambele întreruptoare *2* şi *3*, iar transformatorul T_1 este întrerupt (pentru scurt timp însă), fig. 2.1.14.

De asemenea, cu ocazia unui defect pe un circuit, deconectează două întreruptoare pentru a-l izola (uzură sporită).

Cu alte cuvinte, schema cu $1^1/_2$ întreruptoare pe circuit reproduce la scara unei investiţii mai reduse principalele avantaje şi dezavantaje ale schemei cu 2 întreruptoare pe circuit.

Schema cu 4/3 întreruptoare pe circuit din fig. 2.1.15 realizează o investiţie mai apropiată de cazul schemei cu un întreruptor pe circuit pe de o parte, dar pe de altă parte prezintă un risc şi mai mare al ero-

rilor de manevră. De asemenea, necesită o dispoziţie constructivă mai dificil de realizat. Aceasta explică de ce schema cu 4/3 întreruptoare s-a folosit mai rar decît schema cu 3/2 întreruptoare pe circuit.

Schema transformator-bară este tot o schemă cu bare colectoare duble, situată între schema cu un întreruptor şi două întreruptoare pe

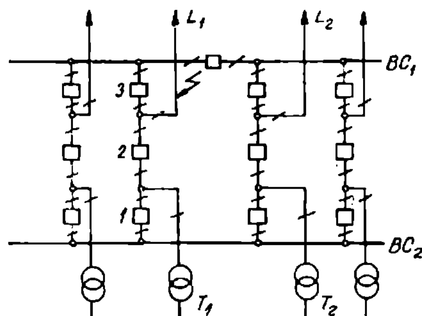


Fig. 2.1.14. Schema cu bare duble şi 3/2 întreruptoare pe circuit.

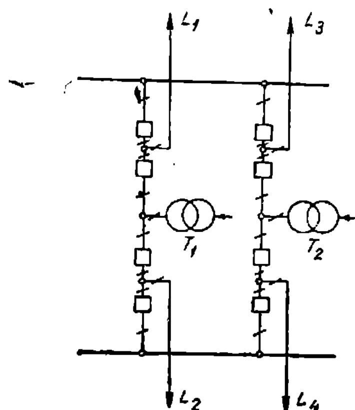


Fig. 2.1.15. Schema cu bare duble şi 4/3 întreruptoare pe circuit.

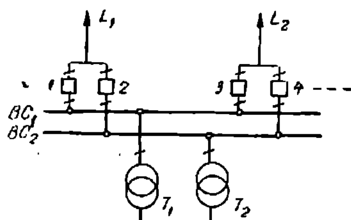


Fig. 2.1.16. Schema de comutaţie tip transformator-bară.

circuit din punctul de vedere al investiţiilor, la care însă fiecare transformator are acces doar la o singură bară colectoare prin separatorul de bare aferent, fig. 2.1.16. În funcţionare normală, ambele întreruptoare sînt închise, ambele bare fiind sub tensiune. În timp ce numărul liniilor este variabil, se poate observa că numărul transformatoarelor racordate direct la bară prin separator este fix şi egal cu doi.

Schema este interesantă pentru cazul a două circuite de transformator şi un număr redus de linii electrice de înaltă tensiune.

2.1.2.9. SCHEMA CU SISTEM TRIPLU DE BARE COLECTOARE

Sînt scheme mai complexe cu bare colectoare triple, la care fiecare celulă se racordează prin trei separatoare de bare (fig. 2.1.17). Evident un al treilea sistem de bare reprezintă un nod electric suplimentar, cu toate avantajele ce decurg de aici, în special cu ocazia reviziei cînd stația funcționează ca și cum ar fi echipată cu sistem dublu de bare. În același timp însă, al treilea sistem de bare poate fi sediul unor defecte suplimentare, necesită un spațiu fizic mai mare pentru realizarea cîmpului de bare și evident manevrele sînt mai complicate din cauza numărului de separatoare de bare, sensibil majorat.

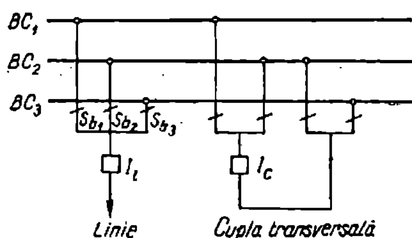


Fig. 2.1.17. Schema de comutație cu sistem triplu de bare.

Ținînd seama de dezavantajele enumerate, schema nu s-a bucurat de o răspîndire prea mare.

2.1.2.10. SCHEME ÎN PUNTE (FĂRĂ BARE COLECTOARE)

Se folosesc acolo unde există o configurație cunoscută a stației, pentru care nu se prevăd, în general, extinderi viitoare. Schema a căpătat o largă extindere în cazul stațiilor electrice de înaltă și foarte înaltă tensiune în cazul particular a două blocuri transformator-linie (4 circuite), fig. 2.1.18.

Schemele în punte — denumite și scheme H — realizează o investiție sensibil mai redusă față de schema obișnuită cu un întreruptor pe circuit; în acest sens, schema mai este cunoscută și sub numele de schema cu 3/4 întreruptoare pe circuit.

Ele derivă din schemele bloc, față de care au prevăzută în plus legătura transversală (puntea).

La producerea unui defect pe una din linii, deconectează întreruptorul ramurii respective (fig. 2.1.18 *a*) sau acesta și cel al punții (fig. 2.1.18 *b*). Din acest motiv, este indicată folosirea schemelor cu punte spre transformator în cazul stațiilor cu linii lungi cu probabilitate sporită de defectare, sau al liniilor electrice mai scurte de medie tensiune realizate cu o siguranță mecanică mai mică, sau al centralelor hidroelectrice îndepărtate. Deconectarea unei linii angajează funcționarea în suprasarcină a celeilalte, cu ambele transformatoare în funcțiune.

Schemele cu punte spre linie sînt indicate pentru stațiile de transformare unde există manevre dese pe partea transformatoarelor, sau acolo unde probabilitatea defectelor pe linie este redusă. Schemele H superior, cum se mai numesc cele cu punte spre linii, se mai recomandă în cazul

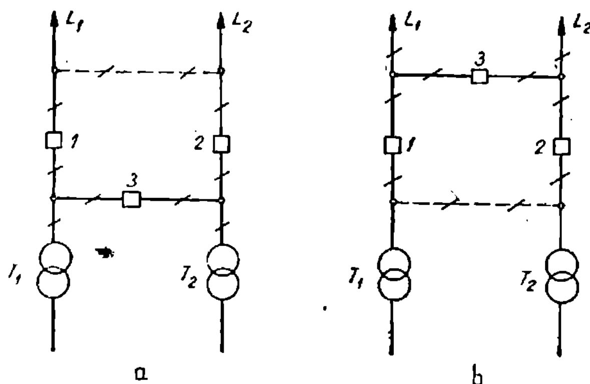


Fig. 2.1.18. Schema de conexiuni în punte (tip H): *a* — cu puntea spre transformator (H inferior) ; *b* — cu puntea spre linie (H superior).

în care se face un tranzit de energie important între cele două linii. Se dorește ca acest tranzit de energie să aibă loc printr-un singur întreruptor (*b*) nu prin trei (*a*).

2.1.2.11. SCHEME POLIGONALE

Cunoscute și sub numele de scheme în inel, realizează — fără bare colectoare propriu-zise — o bună parte din avantajele schemelor cu două întreruptoare pe circuit, deși sînt realizate fizic doar cu un întreruptor pe circuit. Sînt denumite și scheme în pătrat, hexagon, decagon etc., după cum numărul întreruptoarelor este 4, 6, 10 etc.

De fapt, barele colectoare sînt dispuse în inel și secționate cu ajutorul întreruptoarelor după numărul de circuite; la plecările din inel nu se pun întreruptoare, ci doar separatoare. Fiecare întreruptor deservește două circuite, de exemplu întreruptorul *1* deservește circuitele T_1 și L_1 (fig. 2.1.19).

Ca și la schemele cu bare duble și două întreruptoare pe circuit, și schemele în inel permit revizia întreruptoarelor fără întreruperea ali-

mentării ; protecția prin relee a unui circuit deconectează ambele întreruptoare adiacente cu ocazia apariției unui defect. În plus, aici ruperea inelului duce la modificarea sensibilă a circulației de curenți, supraîncărcînd unele laturi.

Fie un scurtcircuit pe linia L_1, izolat prin declanșarea întreruptoarelor *1* și *2*. Se deschide imediat separatorul de linie, după care prin închiderea întreruptoarelor se reface inelul. (Se impun mai multe manevre, deci este nevoie de personal bine instruit). Dacă între timp întreruptorul *6* al transformatorului T_1 era în revizie, cu ocazia unui scurtcircuit pe linia L_1, transformatorul T_1 suferă o scurtă întrerupere în alimentare. Presupunem mai departe că în locul liniei L_1 ar fi fost racordat transformatorul T_2 și că acest transformator ar fi fost sediul unui defect în timpul reviziei întreruptorului *6*. Rezultatul ar fi fost că stația rămînea fără alimentare, presupunind transformatoarele T_1 și T_2 ca surse de injecție de energie. Se desprinde deci regula de a dispune circuitele de alimentare pe diagonală.

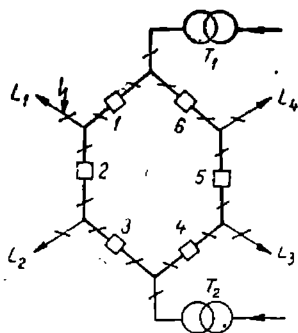


Fig. 2.1.19. Schema de conexiuni a unei stații hexagonale.

În funcționare normală inelul este închis.

Schemele bipoligonale rezultă prin dezvoltarea schemelor poligonale. Două poligoane sînt legate între ele printr-o singură punte, de obicei cînd numărul laturilor este mai mic, fig. 2.1.20 *a* ; pentru un număr mai mare de laturi sînt create două punți, fig. 2.1.20 *b*.

Se observă că schemele bipoligonale rezolvă una din principalele dificultăți ale schemelor poligonale clasice, și anume dificultățile de extindere.

Scheme cu poligoane jumelate rezultă din aplicarea a două sau mai multe poligoane formînd o buclă multiplă, mai ușor extensibilă. Se dă de exemplu în fig. 2.1.21 schema unei stații cu poligoane jumelate.

Datorită avantajelor remarcabile, schemele poligonale au căpătat o extindere apreciabilă la tensiuni înalte și foarte înalte, unde costul întreruptoarelor este ridicat și se cere o siguranță și elasticitate în funcționare deosebită.

Fig. 2.1.20. Schema bipoligonală :
a — cu o singură punte (P_1) ; *b* — cu două punți (P_1 și P_2).

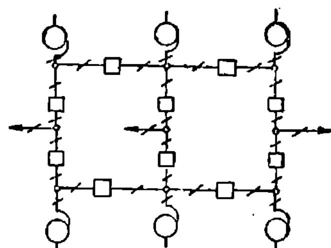


Fig. 2.1.21. Schema cu poligoane junelate.

2.1.2.12. SCHEME PENTRU STAŢII DE RACORD ADÎNC

O soluţie economică pentru alimentarea consumatorilor importanţi industriali sau urbani este staţia de racord adînc (SRA). Se alimentează din barele staţiilor de 110—220 kV de conexiuni sau transformare ale sistemului energetic şi sînt dimensionate în ideea rezervării 100% atît a racordurilor, cît şi a unităţilor trafo.

Transformatoarele de forţă amplasate aproximativ în centrul de greutate electric al consumatorului (de unde şi denumirea de „racord adînc") se leagă tip bloc cu racordul din sistem, fără bare colectoare pe partea de înaltă tensiune şi fără alte legături între căile de alimentare, fig. 2.1.22.

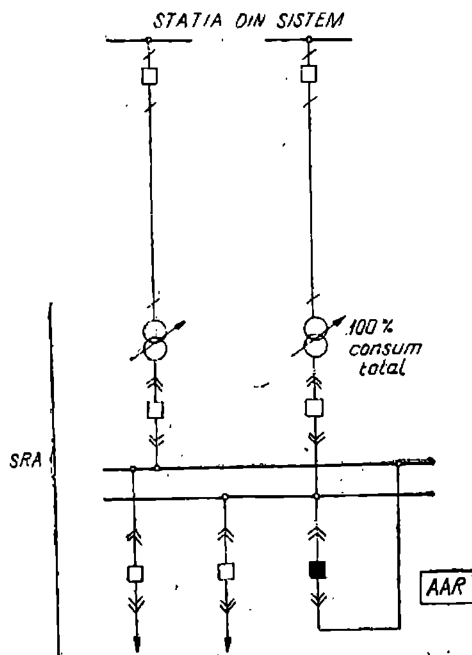


Fig. 2.1.22. Schema unei staţii de racord adînc (SRA).

În cazul ieşirii din funcţiune a unuia dintre racorduri, secţia de bare respectivă de medie tensiune cu consumatorii săi se cuplează automat prin AAR pe secţia cu racordul în funcţiune, dimensionat să preia şi această sarcină suplimentară.

SRA de obicei se realizează fără personal de exploatare permanent. Comenzile de regim (conectare, deconectare, supravegherea funcţionării SRA) se efectuează de la staţia principală din sistemul energetic, printr-un fir pilot sau prin canale de înaltă frecvenţă. Tot prin firul pilot se transmit semnale preventive referitoare la funcţionarea transformatoarelor coborîtoare (semnale gaze, supratemperaturi), ale protecţiei întreruptoarelor etc.

În caz de avarie în transformator sau în partea de înaltă tensiune a SRA, se transmit impulsuri de declanşare către staţia principală din sistem tot prin fir pilot. Se poate renunţa la firul pilot, mai ales cînd SRA este la mare distanţă, 100—200 km, prin agravarea voită a defectului din SRA, de către un separator de scurtcircuitare S_{SC}, montat în locul celui de linie, din schema bloc-linie-transformator coborîtor.

2.2. SOLUŢII CONSTRUCTIVE PENTRU INSTALAŢIILE DE ÎNALTĂ TENSIUNE DIN STAŢIILE ELECTRICE

2.2.1. CONDIŢII GENERALE

O schemă electrică de conexiuni transpusă fizic în teren conduce la aşa-numita *dispoziţie constructivă.* Soluţiile constructive care se adoptă pentru instalaţiile electrice de înaltă tensiune trebuie să satisfacă o serie de condiţii cu caracter general privind:

- siguranţa în funcţionare a instalaţiilor;
- securitatea personalului de exploatare;
- economicitatea soluţiei.

2.2.1.1. SIGURANŢA ÎN FUNCŢIONARE A INSTALAŢIILOR

Modul în care se dispun aparatele şi legăturile conductoare afectează direct gradul de siguranţă în funcţionare al instalaţiilor în regim normal de funcţionare sau în condiţiile apariţiei unor perturbaţii. Măsurile care se iau încă din faza de proiectare a instalaţiilor în vederea obţinerii unei siguranţe în funcţionare satisfăcătoare se referă la:

a) *Asigurarea nivelului de izolare* necesar între diferitele elemente sub tensiune sau între acestea şi pămînt, realizabilă prin dispunerea spaţială a acestor elemente astfel încît intensitatea cîmpului electric în orice situaţie de funcţionare permisă să rămînă inferioară valorii critice la care are loc străpungerea mediului izolant folosit. Altfel spus, trebuie asigurate distanţele minime izolante. Aceste distanţe, verificate pe cale experimentală, sînt normate şi valorile lor pentru părţi fixe sub tensiune sînt indicate spre exemplificare în tabelul 2.2.1.

Tabelul 2.2.1

Distanţele de izolare la diferite tensiuni

Tensiunea nominală (kV)	Distanţa între faze (mm)		Distanţa între fază şi pămînt (mm)	
	exterior	interior	exterior	interior
6	220	100	200	90
10	220	130	200	120
20	330	200	300	180
110	1 000		900	
220	2 000		1 800	
400	3 400		3 100	

În cazul conductoarelor flexibile, distanțele mai sus tabelate se suplimentează cu distanțele de deplasare a conductoarelor în urma acționării sarcinilor care solicită conductorul.

b) *Reducerea riscurilor de avarie datorită arcurilor electrice*, care în general sînt mobile, deplasîndu-se sub acțiunea cîmpurilor electromagnetice și termice intense, dezvoltate la scurtcircuite polifazate și care pot deci scoate din funcțiune parțial sau total stația electrică.

În vederea limitării efectelor în cazul apariției unui defect prin arc, se recurge la anumite artificii constructive, cum ar fi prevederea unor pereți despărțitori rezistenți mecanic între:

— celule alăturate;

— barele colectoare și restul echipamentelor;

— diferite părți din interiorul celulelor, funcție de mărimea curenților de scurtcircuit;

— secțiile de bare colectoare.

Aceste măsuri constructive se iau de obicei la instalații de tip interior. La instalațiile în aer liber, din cauza intervalelor mari între părțile sub tensiune și într-o oarecare măsură datorită acțiunii în general favorabile a curenților de aer, este suficient să se facă un amplasament corespunzător al aparatajului pentru a se limita efectele unui defect prin apariția arcului electric.

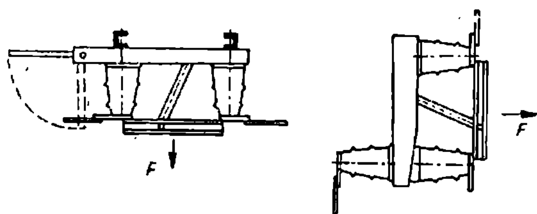


Fig. 2.2.1. Dispoziții ale separatoarelor la care este favorizată deschiderea accidentală a cuțitelor principale, respectiv închiderea cuțitelor de punere la pămînt.

c) *Reducerea riscurilor de avarie din cauza solicitărilor accidentale mecanice* se referă în special la următoarele trei aspecte:

— dispunerea separatoarelor astfel încît să nu fie posibilă deschiderea accidentală a cuțitelor principale sub acțiunea greutății proprii, sau a forțelor electrodinamice, respectiv închiderea cuțitelor de legare la pămînt, fig. 2.2.1;

— prin dispunerea judicioasă a legăturilor conductoare este posibil ca avariile cauzate de ruperea acestor legături sau a lanţurilor de izolatoare să nu se extindă, conform exemplificării din fig. 2.2.2;

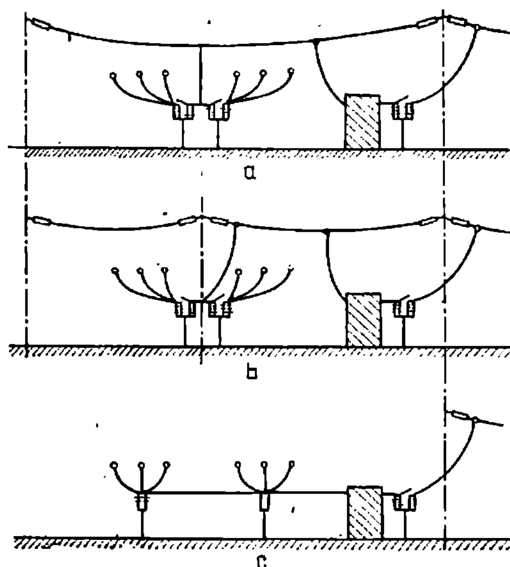


Fig. 2.2.2. Exemple de dispunere a căilor de curent la care ruperea conductorului superior conduce la avaria:
a — ambelor bare colectoare; *b* — unui singur sistem de bare colectoare; *c* — riscuri mult diminuate.

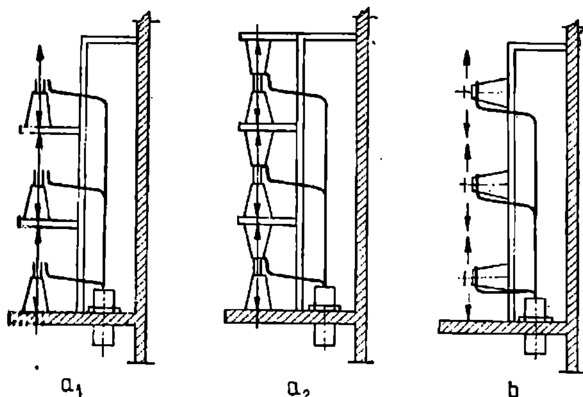


Fig. 2.2.3. Exemple de dispuneri ale barelor colectoare la care izolatoarele suport sînt solicitate:
a — avantajos; *b* — dezavantajos.

— este indicat ca izolatoarele de porţelan să fie solicitate în special la compresiune şi nu la încovoiere, conform fig. 2.2.3.

d) *Diminuarea pericolului de incendiu* urmăreşte realizarea de dispozitive anexe care să limiteze efectele nocive ale unui incendiu pe cît

posibil la zona în care s-a produs, știut fiind că în instalațiile electrice există materiale puternic inflamabile — uleiul de transformatoare, bobine, cabluri și respectiv o bună parte din materialele izolante ale acestora.

2.2.1.2. SECURITATEA PERSONALULUI DE EXPLOATARE

Se prevede evitarea expunerii persoanelor din stația electrică la șocuri electrice, termice (la scurtcircuite ori puneri accidentale sub tensiune) sau mecanice (explozii). În acest sens se prevăd astfel dispozițiile constructive încît să împiedice pătrunderea accidentală a personalului de deservire în zone care prezintă riscurile citate mai sus, să protejeze termic și mecanic culoarele de acces în instalație.

Un principiu verificat este acela ca la revizii/reparații separarea locului de lucru să poată fi făcută astfel încît să fie scos din funcțiune numai elementul la care se lucrează. Se folosesc separări de protecție și în general se dispun la distanțe inaccesibile — numite distanțe de protecție — părțile sub tensiune.

2.2.1.3. ECONOMICITATEA SOLUȚIEI

Se apreciază prin prisma efortului de investiție și a cheltuielilor de exploatare. Aceste elemente se pot influența favorabil printr-o serie de măsuri, din care se citează :

— limitarea spațiilor ocupate și în special a volumului de lucrări de construcții ;

— limitarea lungimii căilor de curent și a numărului de izolatoare ;

— eșalonarea rațională a etapelor de realizare a investiției ;

— simplificarea execuției prin folosirea masivă a elementelor tipizate ;

— reducerea volumului cheltuielilor de exploatare.

2.2.2. DISPOZIȚII CONSTRUCTIVE PENTRU STAȚII EXTERIOARE

2.2.2.1. ASPECTE GENERALE

Doar cu cîteva decenii în urmă sistemele electroenergetice pînă la 110 kV inclusiv erau folosite aproape în exclusivitate pentru transportul energiei la mari distanțe. O dată cu creșterea densității de putere în

rețele, nivelul tensiunilor maxime a crescut la 220 și 400 kV, iar în anul 1986 au fost realizate la noi în țară primele instalații de 750 kV. Sistemele cu nivel de tensiune de 110 kV sînt acum în majoritate rezervate distribuției primare.

Dezvoltarea stațiilor electrice de conexiuni a trecut printr-o serie de schimbări constructive în decursul timpului. Mai multe tipuri diferite de dispoziții constructive s-au redus la cîteva moduri de bază privind aranjarea aparatelor și legăturilor conductoare. Aceste tipuri reprezentative de dispoziții constructive diferă unele de altele prin modul de dispunere al separatoarelor de bare, prin poziția relativă a fiderilor în raport cu barele colectoare, prin structurile de susținere a legăturilor conductoarelor și a aparatelor precum și a accesoriilor.

Clasificarea soluțiilor se face în raport cu numărul barelor colectoare, cu dispunerea în teren a aparatelor și în special a separatoarelor de bare, în funcție de numărul planelor de legături electrice, de natura flexibilă sau rigidă a acestor legături ș.a.m.d. În esență se folosesc două concepții constructive :

— soluții de înălțime medie, la care aparatajul se întinde pe suprafața stației ;

— soluții de tip înalt, la care aparatele se suspendă unele deasupra altora, atunci cînd este lipsă de spațiu. În cele ce urmează se vor prezenta succint cîteva tipuri mai des folosite de soluții constructive de stații.

2.2.2.2. DISPOZIȚII CONSTRUCTIVE PENTRU STAȚII CU UN SISTEM SIMPLU DE BARE COLECTOARE

Dispoziția cu portal central. În fig. 2.2.4 se prezintă vederea laterală a unei dispoziții constructive pentru un singur sistem de bare colectoare de la care pleacă două circuite dispuse față în față. Există un portal ce ocupă o poziție centrală — *PC* — pentru suspendarea legăturii de ieșire în transformator. În acest fel se vede că sînt trei plane de legături, planul barelor colectoare fiind considerat mediu. Prin modernizarea acestei soluții se poate suprima portalul central *PC* și legăturile superioare dintre *PC* și portalul transformatorului *PT*, apropiind puțin *PT* de transformatoarele de curent *TC* și suspendînd legătura spre transformator chiar pe peretele stației interioare (legătură desenată punctat).

Se prezintă adiacent schema electrică monofilară și un detaliu privind vederea în plan a dispunerii celor șase separatoare de bare S_b în jurul barei colectoare unice. Se prevăd drumuri de acces între între-

ruptorul *I* și transformatorul de măsură *TC*, în limita distanțelor de protecție admise (se poate transporta pe un cărucior un *TC* sau *I* cu camerele de stingere demontate). De asemenea, există prevăzută o cale de rulare înspre portalul de transformator *PT* pentru transportul

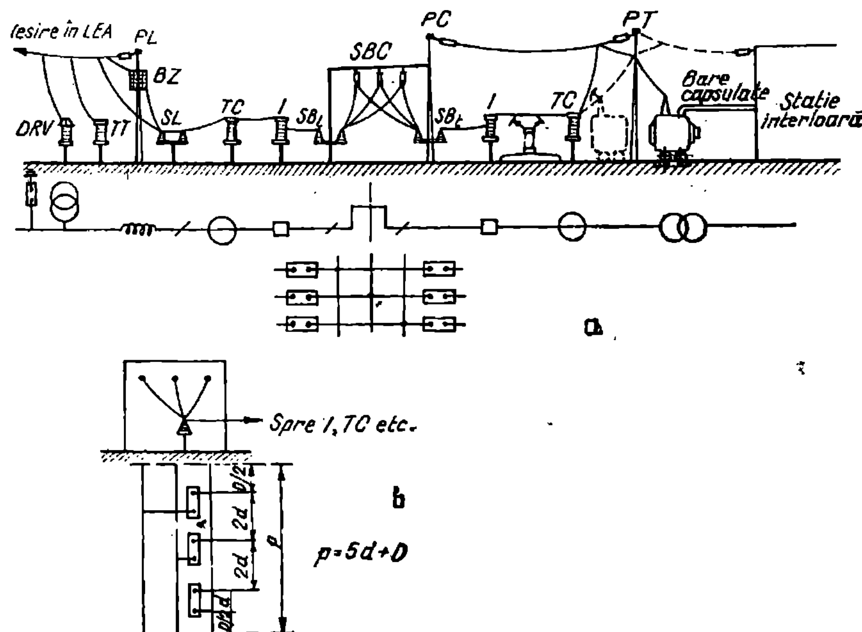


Fig. 2.2.4. Exemplu de dispoziție constructivă cu un sistem de bare colectoare și celulele dispuse față în față, cu separatoarele de bare perpendiculare pe barele colectoare :

a — vedere laterală ; *b* — detaliu privind dispunerea separatoarelor de bare paralel cu barele colectoare.

acestuia direct pe șine de cale ferată sau cu ajutorul unui trailer. În ultimul timp se preferă ca racordul la tensiunea inferioară al transformatorului *T* să se facă printr-un sistem de bare capsulate.

De remarcat este faptul că modul de dispunere și tipul constructiv al separatoarelor influențează sensibil dispoziția constructivă. Astfel în fig. 2.2.4, *b* se dă un detaliu privind amplasarea separatoarelor de bară în cazul în care acestea sînt dispuse paralel cu barele colectoare. Se observă că fazele de ieșire de la bare ale circuitului respectiv sînt dispuse echidistant la distanța $2d$, d fiind lungimea unui cadru de separator, iar cu D s-a notat distanța între două circuite alăturate.

în felul acesta se diminuează lungimea celulei dar se amplifică întrucîtva pasul celulei, care în general la 110 kV este 8–9 m, la 220 kV este de cca 17 m iar la 400 kV este 22 m.

Legăturile conductoare sînt flexibile și sînt realizate de regulă din Al cu inimă de OL, în marea majoritate a cazurilor.

Varianta cu barele colectoare realizate din conductoare rigide. Există însă situații în care se preferă folosirea barelor tubulare din Al pentru întreaga stație sau numai pentru o parte din ea. Astfel, stația din fig. 2.2.5 are barele colectoare realizate din asemenea conductoare rigide fixate elastic de izolatoare suport. Racordurile la aparate însă sînt executate din conductor flexibil și sînt duse la barele colectoare pe deasupra (arcuit, ca în figură), pentru a se asigura distanța de izolație. S-a prezentat soluția cu întreruptor care incorporează și transformatoarele de curent *TC*. Dacă stația comportă un număr relativ mare de circuite,

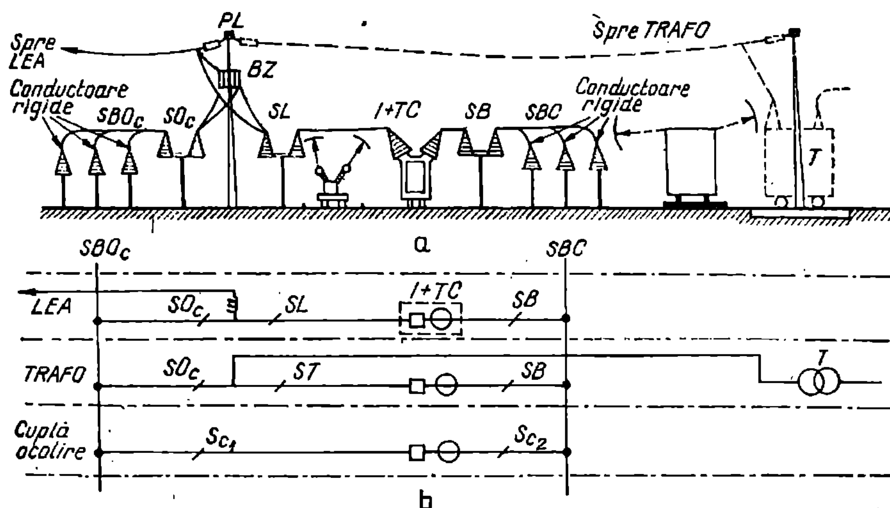


Fig. 2.2.5. *a* — Dispoziție constructivă pentru o stație cu un sistem de bare colectoare și bară de ocolire (de transfer) realizate rigid din țeavă de Al cu racorduri flexibile spre aparate; *b* — Schema de umplere pentru circuitele de linie, transformator, cupla de ocolire (transfer).

se justifică prevederea și a unui sistem de bare de ocolire, notat SBO_c. În mod normal separatorul aferent acestui sistem de bare SBO_c rămîne deschis. Prezența legăturilor rigide pentru barele colectoare elimină cadrele suport din beton precomprimat, care altminteri se succed aproximativ la $3-4p$(p — pasul celulei) la 110 kV, la $2p$ pentru 220 kV și $1-2p$ la 400 kV.

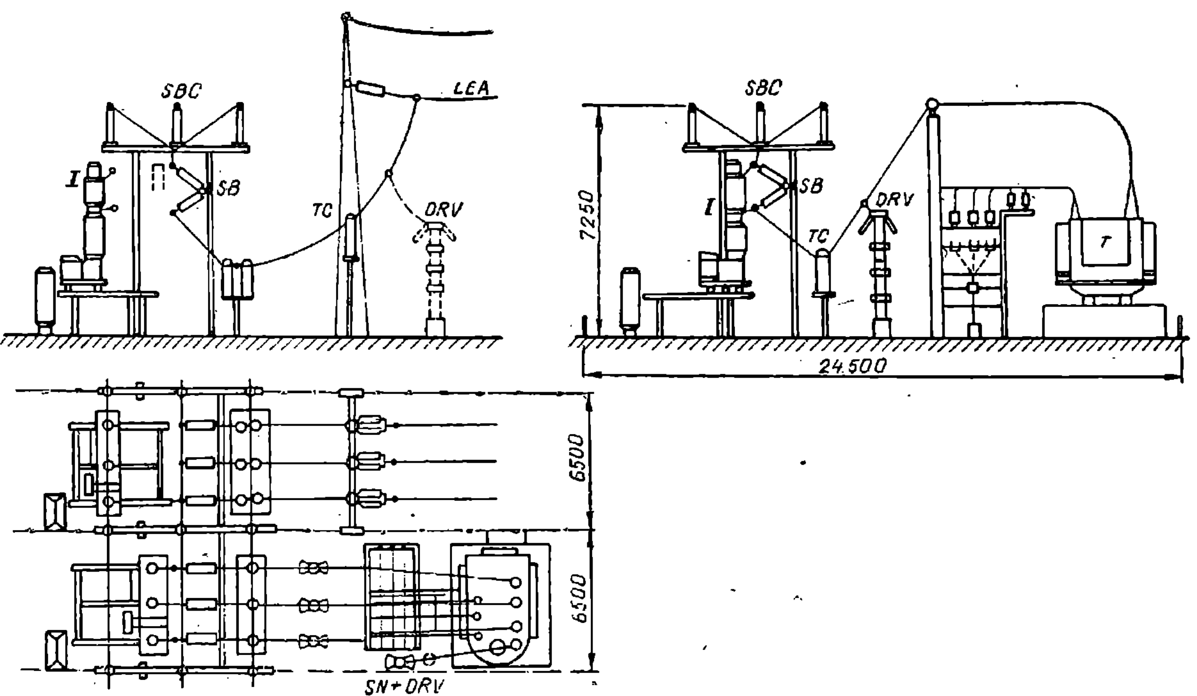


Fig. 2.2.6. Varianta de dispoziție constructivă de exterior pentru un sistem simplu de bare colectoare cu întreruptor debroșabil.

S-a desenat punctat legătura de ieşire spre transformator susţinută de portalul dinspre transformator. Spre deosebire de varianta constructivă precedentă, aici celula de transformator trebuie privită ca fiind plasată în planul următor, paralel cu celula de linie. Alternarea celulelor de linie cu cea de transformator cu ieşiri în direcţii opuse conduce la spaţii neutilizate în prelungirea fiecărei celule, ceea ce reprezintă un dezavantaj al soluţiei.

Bobina de zăvorîre *BZ* şi condensatorul de cuplaj plasat în amonte realizează blocarea respectiv prelevarea curenţilor slabi modulaţi în înaltă frecvenţă pentru legătura telefonică a staţiei direct prin conductorul de forţă de înaltă tensiune, care serveşte ca suport fizic şi pentru acest scop, nemaifiind necesară o reţea telefonică specială. Bobina de zăvorîre împiedică pătrunderea în staţie a curenţilor de înaltă frecvenţă care sînt captaţi prin condensator şi alimentează instalaţia electronică de telefonie (alimentată de la o baterie de acumulatoare sau un grup convertizor local). În raport cu necesităţile de circuite telefonice ale staţiei şi ţinînd cont şi de densitatea reţelei telefonice din zonă, sînt folosite toate fazele sau numai o parte din ele. Pentru această ultimă situaţie, care este şi cazul cel mai frecvent întîlnit, s-a legat bobina *BZ* în schema din figura de mai sus. Bobina B_z este fără fier, în vederea evitării situaţiilor de regim ferorezonant; rezultă o construcţie uşoară, simplu suspendată.

Dispoziţia constructivă pentru staţie cu sistem de bare colectoare cu întreruptor debroşabil. Varianta cu întreruptor debroşabil este mai potrivită pentru o staţie cu un singur sistem de bare colectoare. Nu este necesară prezenţa separatorului de bară, astfel încît dispoziţia constructivă necesită un spaţiu minim, iar costul este relativ redus. Întreruptorul, prevăzut cu contacte de separator debroşabil, poate fi broşat prin intermediul unui dispozitiv electrohidraulic. Ca urmare a acestui sistem, are loc o deschidere vizibilă a circuitului de bară, fig. 2.2.6.

2.2.2.3. DISPOZIŢII CONSTRUCTIVE PENTRU STAŢII CU DOUĂ SISTEME DE BARE COLECTOARE

Varianta cu portal central PC. În fig. 2.2.7 se prezintă o variantă de realizare cu portal central, *PC*. Soluţia este clară şi a fost preferată în primele decenii după al doilea război mondial. Oferă spaţii relativ largi de acces în instalaţie, dar are ca dezavantaj planul superior de legături şi portalul central *PC* masiv.

Bara de ocolire poate să lipsească pentru toată staţia sau numai pentru o parte din circuite.

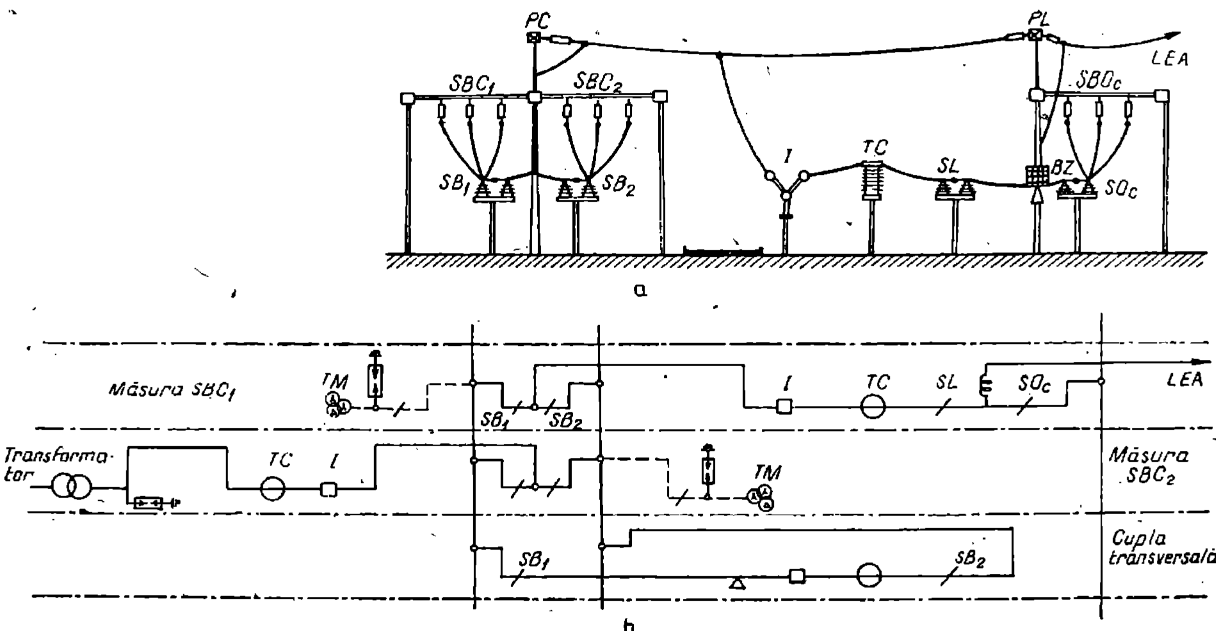


Fig. 2.2.7. Stații cu două sisteme de bare colectoare:
a — dispoziție constructivă cu portal central; b — schema de umplere pentru o celulă de LEA, transformator, măsură, cuplă transversală.

În cazul celulelor de circuite cu ieşiri în direcţii opuse, acestea se succed alternat ; nu pot fi puse şi fizic faţă în faţă întrucît nu se pot plasa în acelaşi spaţiu separatoarele de bare. Pe de altă parte, realizarea celulei de cuplă transversală *CT*, aşa cum se sugerează în schema de umplere, foloseşte S_{b1} din poziţia sa normală de sub SBC_1, iar S_{b2} copiază poziţia unui separator de linie S_L. Există deci motivul firesc de a dispune celula de *CT* la marginea staţiei.

O variantă a acestei soluţii, la care însă barele colectoare *SBC* sînt sprijinite chiar pe izolatorii separatoarelor de bare dispuse în tandem, în linie cu racordurile la *SBC* (fig. 2.2.8) este frecvent folosită.

Se vede că separatoarele de bară sînt dispuse unul în spatele celuilalt (tandem), ceea ce simplifică mult sistemul lor de acţionare comun, perpendicular pe direcţia sistemelor de bare colectoare $SBC_{1,2}$. Conductoarele barelor colectoare se sprijină pe unul din izolatoarele fiecărui separator de bară S_b şi se termină la capete printr-o mică structură portal sau piloni de întindere, în vederea reducerii momentelor dezvoltate în izolatoarele suport ale separatoarelor.

Conexiunile în continuare ale fiderilor sînt suspendate deasupra, perpendicular pe *SBC*, iar portalii lor de susţinere sînt dispuşi paralel cu *SBC*. Prin suspendarea la nivel superior al legăturilor fiderilor plecînd de la separatoarele de bare, rezultă spaţii mărite pentru manipularea echipamentelor electrice în şi din poziţiile lor. Pasul celulei la 110 kV rezultă de 8 m.

Dispunerea separatoarelor de bare în linie (cu barele colectoare). Dispoziţia constructivă „în linie" îşi trage numele din faptul că izolatoarele fiecărui separator de bară sînt aliniate sub fiecare bară. Este dispoziţia care a cunoscut cea mai mare răspîndire la 110 kV, o dată cu punerea la punct a separatorului cu deschidere laterală a cuţitelor, fig. 2.2.9.

Soluţia este extrem de clară şi elimină al treilea plan superior de legături existent la soluţia cu portal central, care şi el lipseşte aici. Este adevărat că pasul celulei este ceva mai mare, $p = 9$ m. Pentru reducerea sa s-a procedat la o altă aranjare a separatoarelor de bară, la care ideea „în-linie" nu mai este respectată decît pentru 2 din cele 3 separatoare de bară.

Este vorba de aşa-numita dispoziţie cu o fază de separator decalată (denumită şi semitandem). Rezultă un cîştig de o lungime de separator la un pas de celulă, fig. 2.2.10 ($4d + D$ faţă de $5d + D$).

Se vede clar că nu se pot nici aici plasa fizic două circuite faţă în faţă decît dacă se dispune de o bară la formă de U, cealaltă ocupînd poziţia de bară colectoare interioară. Este interesantă dispunerea sepa-

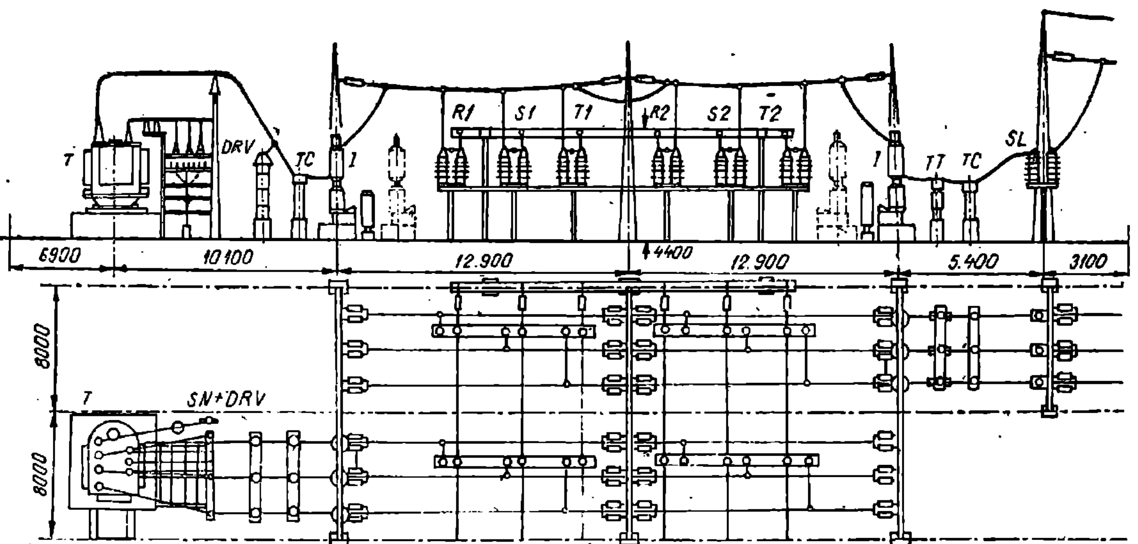


Fig. 2.2.8. Dispoziție constructivă cu portal central, PC, cu fixarea barelor colectoare pe izolatoarele separatoarelor de bare dispuse în tandem, cu racordurile la sistemele de bare colectoare.

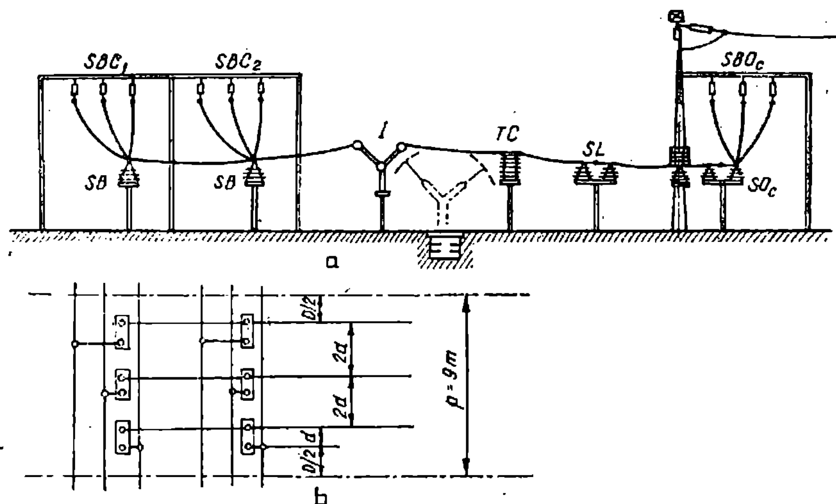


Fig. 2.2.9. Dispoziţia separatoarelor de bare „în linie" cu barele colectoare:
a — vederea în plan pentru o celulă de LEA; b — detaliu privind vederea în plan a dispunerii separatoarelor de bare, la 110 kV.

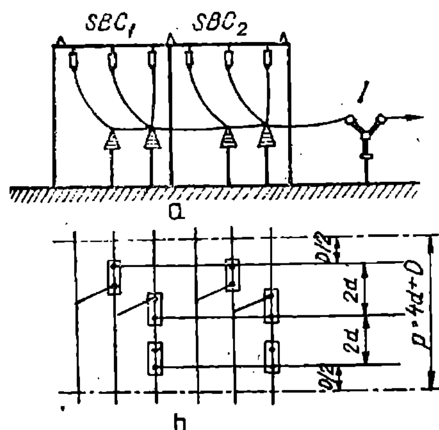


Fig. 2.2.10. Detalii privind dispunerea în semitandem a separatoarelor de bare:
a — vedere laterală; b — vedere în plan.

ratoarelor mai ales în varianta cu o fază decalată, rezultînd o repartizare „întrețesută", așa cum se indică în detaliul prezentat în fig. 2.2.11. Dispoziția cu celule față în față este de preferat atunci cînd numărul circuitelor care derivă din barele colectoare în direcții opuse este aproximativ echilibrat.

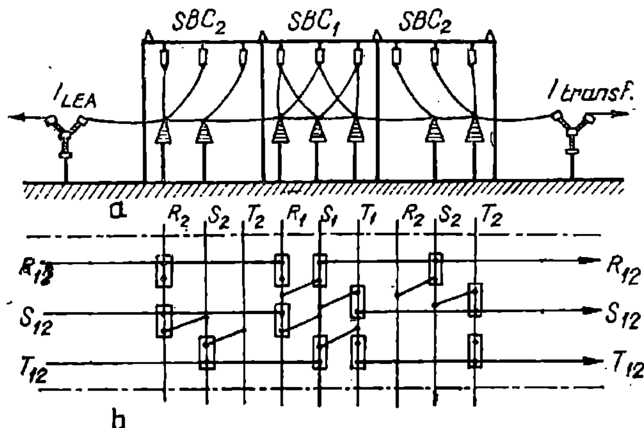


Fig. 2.2.11. Detaliu privind dispunerea întrețesută a separatorului de bară cu fază decalată pentru varianta cu celule față în față :
a — vedere laterală ; *b* — vedere în plan.

Dispunerea în diagonală a separatoarelor de bară. Introducerea separatoarelor pantograf a făcut posibilă economia excesivă de spațiu folosind o dispoziție în diagonală. Contactele fixe ale separatorului sînt suspendate de barele colectoare la un nivel determinat cu acuratețe, iar pantograful conectează bara colectoare cu fiderul respectiv în modul cel mai simplu cu putință, fig. 2.2.12.

Separatoarele pantograf indică foarte clar care din circuite este conectat. Uneori se tensionează cu resoarte deschiderile largi ale conductoarelor de care sînt atașate contactele fixe, în scopul reducerii variației săgeții conductorului și închiderii sigure a pantografului. Pasul celulei atinge un minimum, care pentru nivelul 110 kV este 7,5 m.

Dispoziții de tip înalt pentru stații cu două sisteme de bare. Dispozițiile de tip înalt sînt indicate acolo unde spațiul este foarte limitat pe orizontală (văi, orașe etc.) și necesită o construcție întărită (metalică de obicei), care să poată suspenda barele și separatoarele de bară.

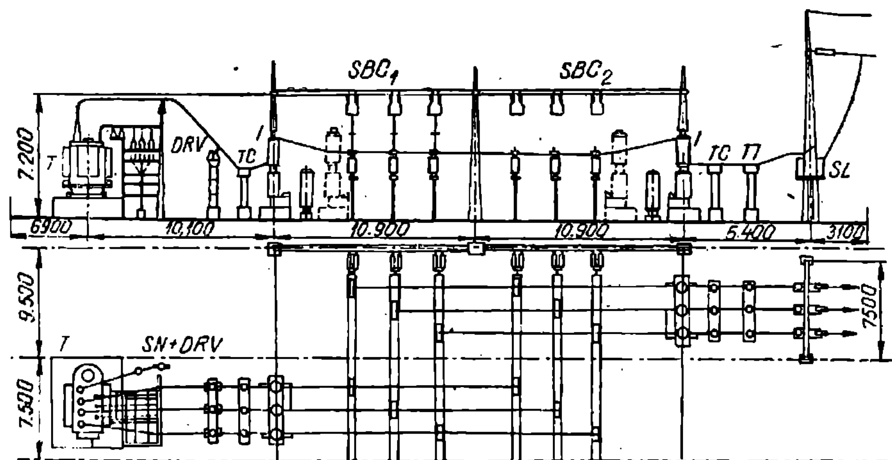


Fig. 2.2.12. Dispunerea în diagonală a separatoarelor de bare (pantograf).

Caracteristica dispoziției din fig. 2.2.13 este forma în T a structurii de susținere, de la brațele în cruce de care se susțin barele.

Separatoarele de bară sînt montate de fiecare parte pe inima T-ului, la interior existînd și o cale de vizitare.

Important este faptul că separatoarele sînt montate deasupra întreruptorului, astfel că spațiul necesar este redus la minimum. Se pot folosi ambele tipuri de separatoare cu deschidere laterală sau pantograf (în ultimul caz T-ul mai primește o grindă orizontală de susținere a pantografului). Evident, nu poate fi vorba decît de celule dispuse alternat — transformator/linie, de exemplu.

2.2.3. DISPOZIȚII CONSTRUCTIVE PENTRU STAȚII INTERIOARE CU MEDIU IZOLANT AER

Dispozițiile constructive realizate în interiorul unor clădiri, hale etc., care le adăpostesc, se clasifică în două categorii.

Instalațiile de tip deschis permit un control vizual, dar nu asigură protecția decît numai împotriva atingerilor accidentale ale elemen-

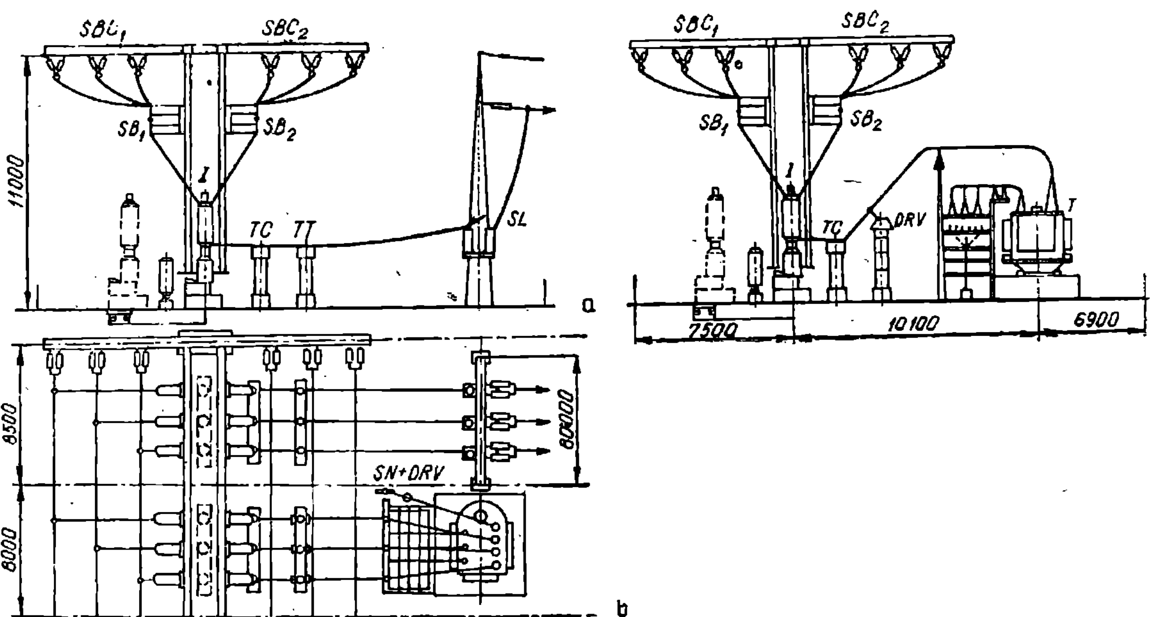


Fig. 2.2.13. Dispoziţie de tip înalt în T (110 kV) :
a — vedere laterală ; *b* — vedere în plan.

telor aflate sub tensiune. Funcție de modul de separare a elementelor aparținînd unui circuit se disting:

a) structura celulară cînd separația între circuite se face prin pereți despărțitori plini (fig. 2.2.14);

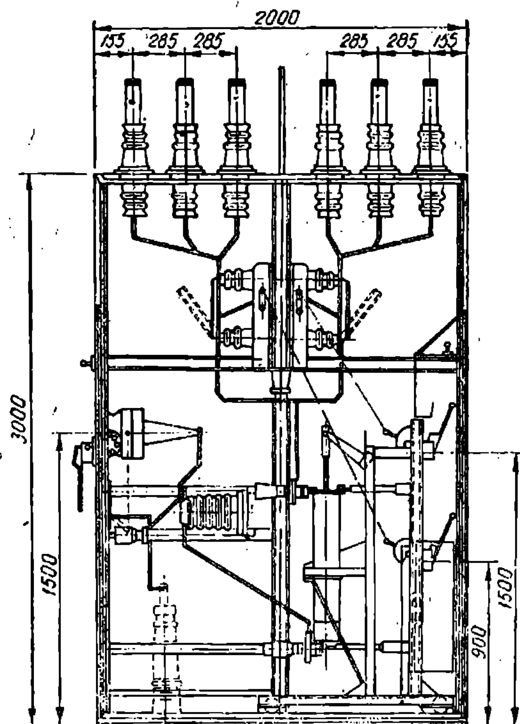


Fig. 2.2.14. Celulă de tip deschis pentru stație cu dublu sistem de bare colectoare prefabricată, cu întreruptor debroșabil.

b) structura de tip hală, în cazurile în care separarea se realizează prin plase de protecție sau bariere.

Opțiunea pentru una sau alta dintre variantele de mai sus se face pe baza calculelor tehnico-economice.

Instalațiile de tip închis sînt formate din elemente celulare prefabricate, închise complet, la care este exclus pericolul electrocutărilor, iar infiltrațiile de praf poluant sînt reduse față de varianta deschisă, fig. 2.2.15. Se deosebesc celule capsulate (din tablă subțire) și celule

blindate (tablă groasă, piese turnate). Se folosesc numai pînă la 35 kV, maximum.

Caracteristic pentru aceste stații prefabricate este un montaj rapid, necesită spații mai reduse și se simplifică clădirea stației. Din punctul de vedere al exploatării, instalațiile de tip închis sînt mai avantajoase, reducînd riscurile electrocutării și al șocului termic pentru personalul de exploatare tocmai datorită îmbrăcămintei metalice. Defectul este limitat de obicei la elementul la care s-a produs. Prezintă avantajul că pot fi montate și direct în exterior sau în medii poluate dacă sînt luate măsurile necesare de etanșare.

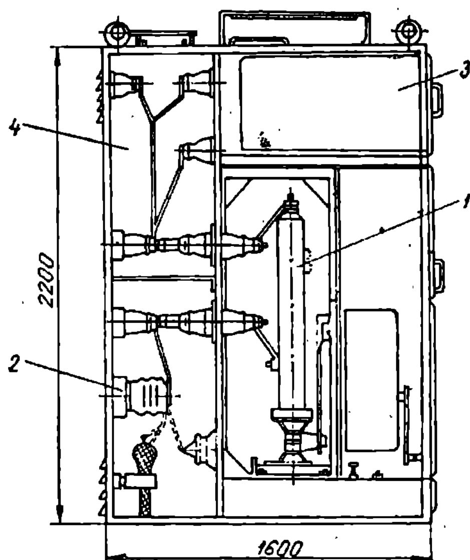


Fig. 2.2.15. Celulă de tip închis de 6—10 kV cu întreruptor debroșabil și conductoare neizolate :

1 — întreruptor debroșabil ; 2 — transformator de curent ; 3 — compartiment pentru circuite secundare ; 4 — compartiment pentru bare colectoare.

Soluția prezintă însă și unele dezavantaje legate de faptul că nu se pot realiza modificări de parametri electrici prin înlocuirea de aparate. În plus, lipsa unui control vizual face să nu fie sesizate la timp anumite carențe care ar putea degenera în incidente de exploatare, iar costul instalațiilor de tip închis este în general mai ridicat. Cu toate acestea, evoluția dispozițiilor constructive de interior la medie tensiune și parametri moderați indică cert preferința pentru instalațiile de tip închis, realizate în serie mare de fabricant.

2.2.4. DISPOZIȚII CONSTRUCTIVE CAPSULATE ÎN ALTE MEDII DECÎT AERUL

Instalațiile de comutație de 110 kV realizate în orașe și zone industriale sînt în mod frecvent de tip interior fie pentru a armoniza cu arhitectura înconjurătoare, fie pentru a preveni contaminarea izo-

lației. Cu toate acestea, stațiile astfel realizate necesită un volum relativ mare, care influențează negativ costul general al instalației mai ales cînd este vorba de zonele centrale ale orașelor.

Distanțele de izolație dintre faze la presiunea atmosferică normală dictează mărimea dispozițiilor constructive. Volumul afectat poate fi redus numai folosind un mediu de izolare cu rigiditate dielectrică superioară aerului. În acest fel instalațiile de comutație de interior de tip deschis au fost înlocuite prin instalații total capsulate în alt mediu izolant decît aerul.

Mediul izolant. În urma experimentelor s-a ales gazul hexaflorură de sulf (SF_6) drept mediu izolant. Are excelente proprietăți dielectrice și este adecvată pentru stingerea arcului electric. În consecință, este folosită atît ca mediu izolant în general, cît și ca mediu de stingere în întreruptor. SF_6 este de aproximativ cinci ori mai grea decît aerul și, în stare pură, este inert și nu este toxică. Nu se ionizează dacă este împiedicată descărcarea corona, în consecință toate contactele sînt rotunjite și sînt prevăzute ecrane.

Tubulatura care capsulează instalația este compartimentată etanș în interior, în camere separate, pentru a preveni efectul slăbirii rigidității dielectrice în toată instalația cînd au loc scăpări de gaz într-un anumit punct.

Dacă conductoarele și părțile izolante sînt corect proiectate și executate — trebuie menționat de la început că este vorba de o tehnologie deosebită — rigiditatea dielectrică a SF_6 este de aproximativ două-trei ori superioară celei din cazul aerului. Izolarea este îmbunătățită dacă se crește presiunea gazului. Din motive economice se limitează presiunea la circa 2—3 bar.

Realizarea constructivă. S-au proiectat în așa fel elementele componente încît să acopere întreaga gamă de scheme de comutație și să se poată trece chiar la tipizare.

S-a dovedit mai avantajos să se plaseze compartimentele barelor colectoare la nivelul inferior. Deasupra barelor colectoare, care formează partea „de bază" a dispoziției constructive, se găsesc celelalte echipamente. Instalația se montează tronson cu tronson la un cost justificat tehnic și economic tocmai datorită realizării complete a acestor tronsoane în uzinele de echipamente electrice. Liniile de plecare în cablu pot fi echipate diferit, altfel spus transformatoarele de măsură pot fi omise, se poate prevedea bară de ocolire etc.

Realizarea unei celule tip de fider de 110 kV este ilustrată în fig. 2.2.16.

Pasul celulei de 110 kV este de 2,40 m. Celula din figură are 3,59 m înălțime și 4,73 m în adîncime. Așadar este vorba de o reducere de

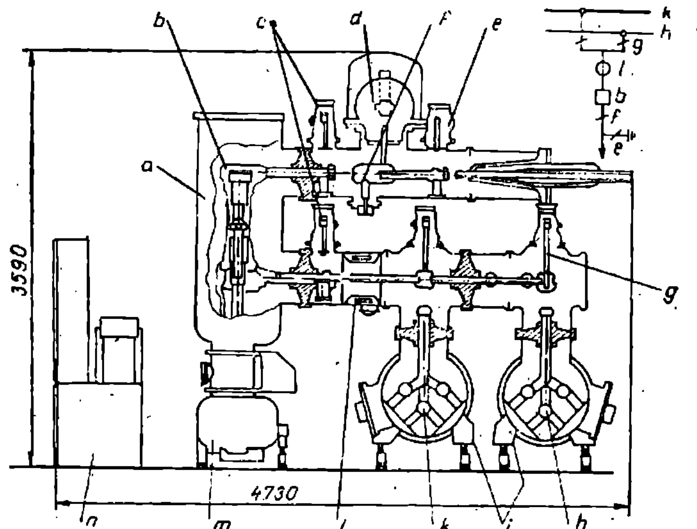


Fig. 2.2.16. Celula unui fider de 110 kV, dublu sistem de bare, total capsulate în hexaflorură de sulf :

a — carcasa întreruptorului ; *b* — întreruptorul ; *c* — separatoare de legare la pămînt pe partea întreruptorului ; *d* — transformator de tensiune ; *e* — separator de legare la pămînt a cablului ; *f* — separator de linie ; *g* — separator de bare ; *h*, *k* — bare colectoare ; *i* — tubulatura barelor ; *l* — transformator de curent ; *m* — rezervor de SF_6 ; *n* — dispozitivul de acționare hidraulic.

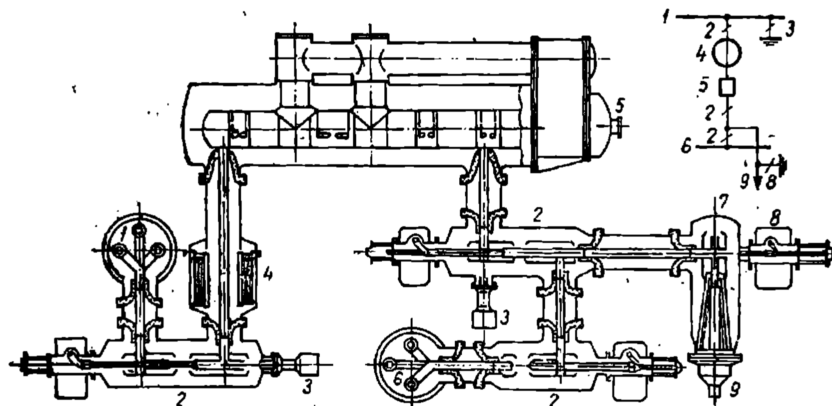


Fig. 2.2.17. Celulă de transformator aparținînd unei stații total capsulate în SF_6 avînd o bară colectoare și una de transfer (de ocolire) :

1 — bare colectoare ; *2* — separatoarele de bare ; *3* — separator de legare la pămînt ; *4* — transformator de curent ; *5* — întreruptor ; *6* — bara de ocolire ; *7* — cutia terminală a cablului ; *8* — separator de legare la pămînt al cablului ; *9* — cablu de ieșire.

aproximativ 1/12 din volum față de dispoziția similară în aer. Instalațiile astfel capsulate pot fi dispuse la interior sau la exterior, direct în aer, cu luarea unor precauții.

În figura 2.2.17 se prezintă o celulă de transformator cu o bară colectoare și una de ocolire (de transfer) la care doar bara de ocolire este dispusă la nivelul inferior, iar întreruptorul este montat în poziție orizontală.

2.3. SCHEME DE CONEXIUNI ȘI SOLUȚII CONSTRUCTIVE PENTRU POSTURILE DE TRANSFORMARE ȘI PUNCTELE DE ALIMENTARE

2.3.1. POSTURI DE TRANSFORMARE AERIENE (PTA)

Aceste posturi de transformare se realizează pe unul sau doi stîlpi de beton sau de lemn și se utilizează pentru distribuția energiei electrice în mediul rural, racordîndu-se la capătul unei derivații dintr-o linie trifazată de 6,10, 15 sau 20 kV.

Linia de alimentare a postului intră la transformator prin separator, montat pe același stîlp sau pe un stîlp al derivației în amonte față de postul de transformare și prin siguranțe fuzibile montate pe un cadru de siguranțe în imediata apropiere a transformatorului.

Transformatorul se montează fie pe o platformă ca în fig. 2.3.1 — post de transformare montat pe un stîlp cu transformatorul pe platformă, sau ca în fig. 2.3.2 — post de transformare montat pe doi stîlpi de beton, fie în sistemul agățat ca în fig. 2.3.3 — post de transformare pe un stîlp cu transformatorul agățat.

Puterea transformatorului ce se instalează în PTA poate fi de la 20 kVA la 250 kVA. O dată cu reducerea greutății și volumului transformatoarelor prin utilizarea tolelor laminate la rece și prin realizarea transformatoarelor capsulate, puterea transformatoarelor ce se vor instala în posturile de transformare aeriene va crește.

Separatoarele tripolare care se montează în ultimul timp la posturile de transformare aeriene sînt de tipul STEP — cu cuțite de punere la pămînt, aceasta permițînd executarea lucrărilor la postul de transformare fără a se mai monta scurtcircuitoare pe partea de înaltă tensiune. O altă tendință recentă izvorîtă din necesitatea creșterii fiabilității

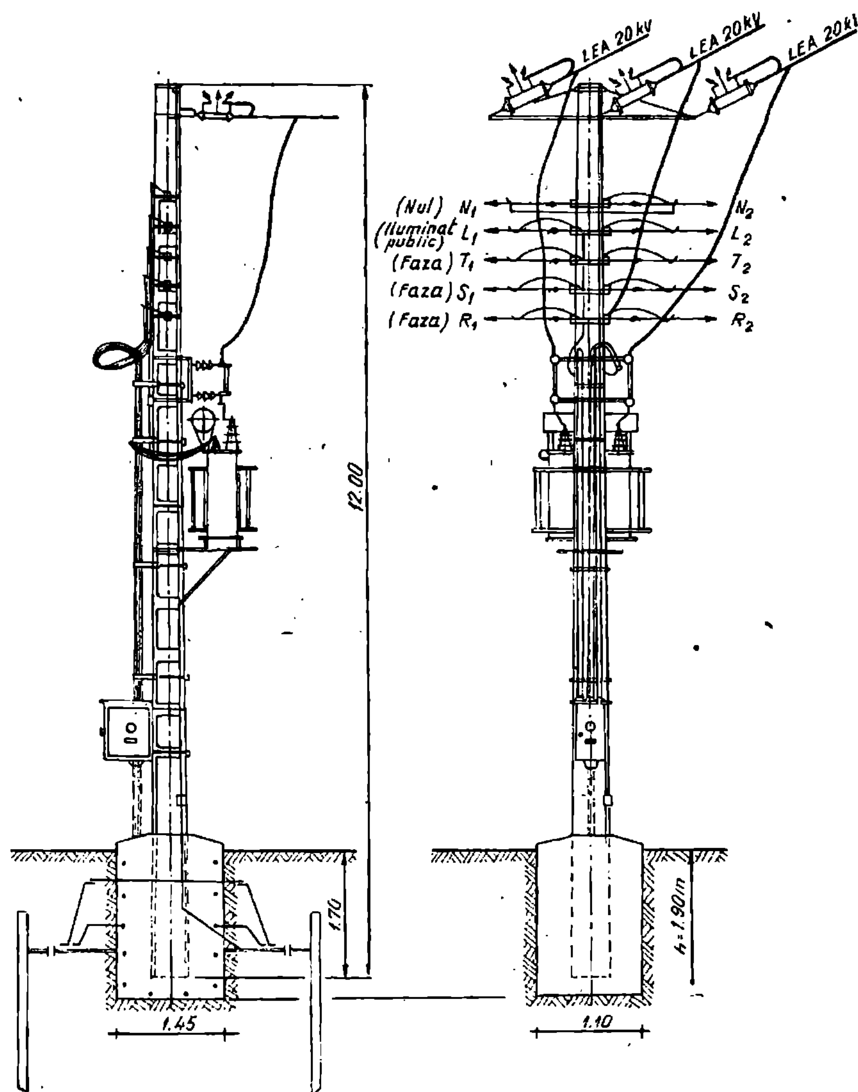


Fig. 2.3.1. Post de transformare aerian montat pe un stîlp de beton cu transformatorul instalat pe platformă.

transformatoarelor trifazate din gama puterilor mici este şi renunţarea la montarea siguranţelor pe partea de înaltă tensiune la posturile de transformare aeriene. Renunţarea la aceste siguranţe se face însă numai dacă protecţia maximală instalată în celula liniei respec-

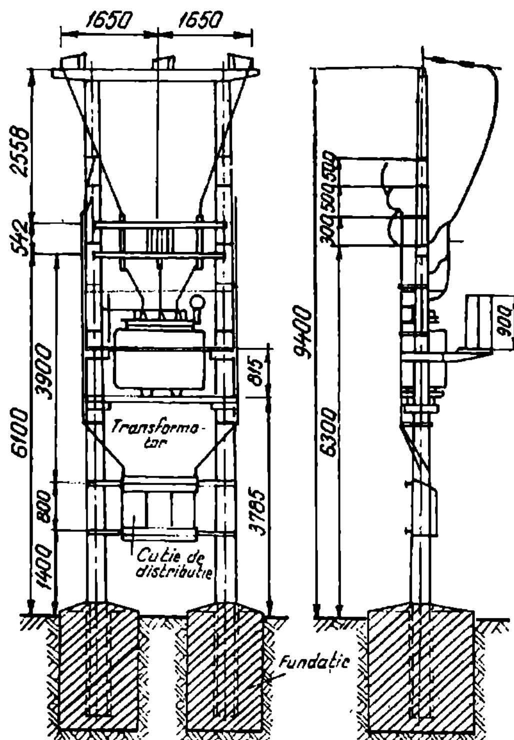


Fig. 2.3.2. Post de transformare aerian montat pe doi stîlpi de beton.

tive din staţie este sensibilă şi la defecte în transformatoarele din PTA racordate la această linie.

Cutia de distribuţie care se instalează la partea inferioară a stîlpilor posturilor de transformare aeriene se execută din tablă de oţel. Sînt prevăzute două uşi, una în faţă pentru acces la contoare şi siguranţe, şi una în spate pentru acces la borne.

Cutiile de distribuţie sînt echipate cu siguranţe cu mîner sau siguranţe cu mare putere de rupere, transformatoare de curent, contoare

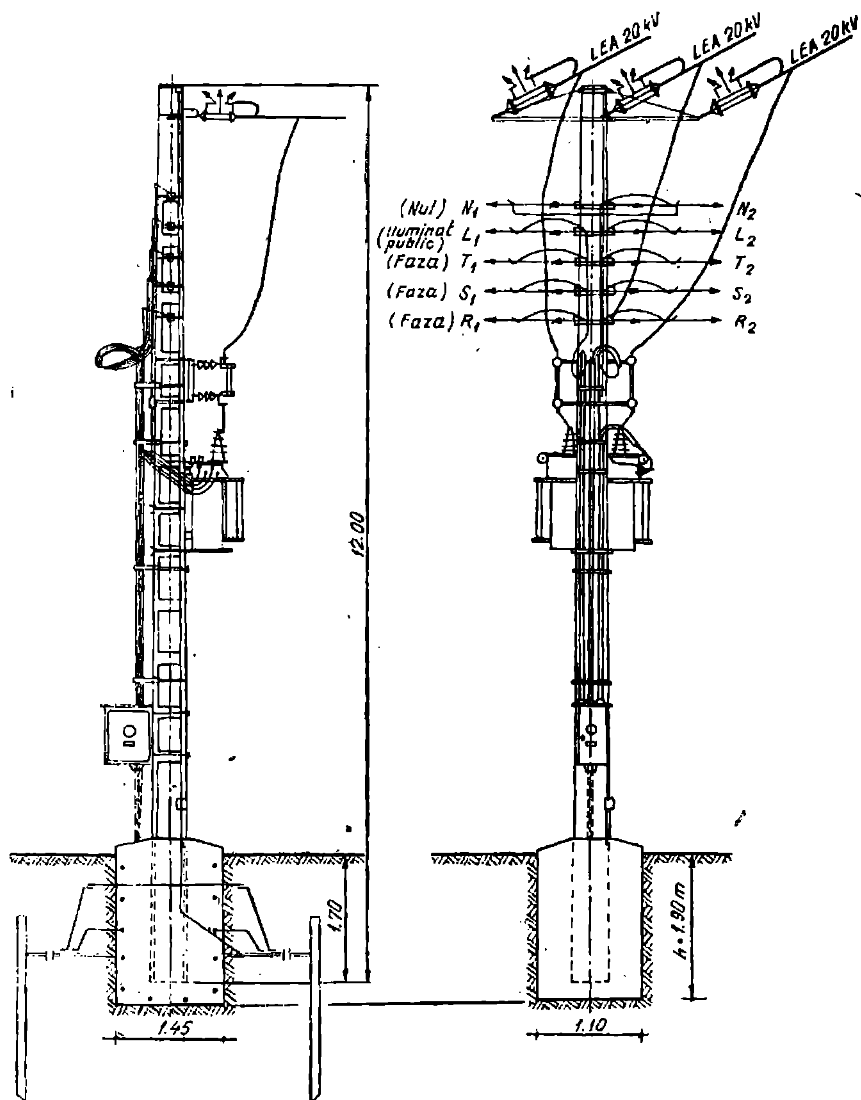


Fig. 2.3.3. Post de transformare aerian montat pe un stîlp de beton cu transformatorul agățat.

de energie activă şi uneori reactivă, întreruptorul pentru circuitul de iluminat public. În cazul în care punctul de aprindere a iluminatului public se instalează în cutia de distribuţie a postului de transformare, acesta se echipează fie cu ceas cu contacte electrice, fie cu DCAI Luxomat, fie cu instalaţie de aprindere în cascadă comandată prin fir pilot de la un post de transformare central, fie cu instalaţie de aprindere locală.

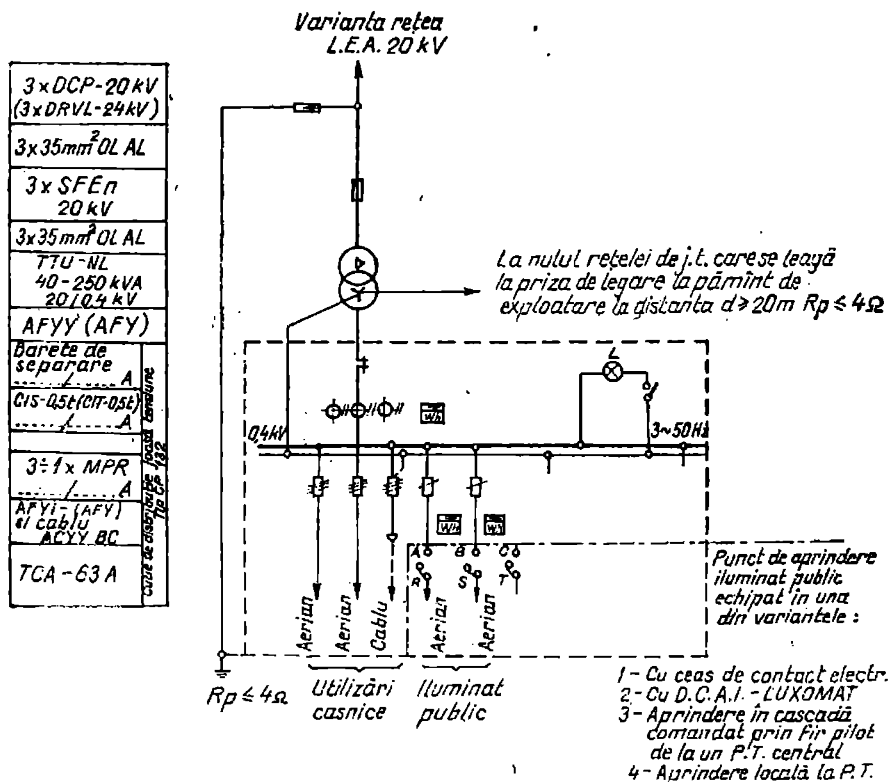


Fig. 2.3.4. Schema monofilară a unui PTA.

Din schema monofilară a unui post de transformare aerian, prezentată în fig. 2.3.4, rezultă că echipamentul este protejat împotriva supratensiunilor atmosferice prin montarea pe fiecare fază a unui descărcător cu coarne sau a unui descărcător cu rezistenţă variabilă. Postul de transformare are o priză de pămînt proprie, a cărei rezistenţă

de dispersie este de maximum 4 Ω. Punctul neutru al înfășurării de joasă tensiune a transformatorului nu este racordat la priza de pămînt a postului de transformare ci la nulul rețelei de joasă tensiune, care este legat la priza de pămînt de exploatare la distanța de cel puțin 20 m de postul de transformare și a cărei rezistență de dispersie nu trebuie să depășească valoarea de 4 Ω.

2.3.2. POSTURI DE TRANSFORMARE ÎN CONSTRUCȚIE METALICĂ (PTM)

Sînt realizate pentru alimentarea cu energie electrică a rețelelor de joasă tensiune din centrele urbane sau din incinta întreprinderilor industriale, a șantierelor sau a consumatorilor cu caracter temporar.

În funcție de destinația și puterea transformatorului s-au asimilat mai multe variante de posturi de transformare în construcție metalică, de la PTM-1 la PTM-7.

Toate variantele sînt în execuție de exterior, instalarea PTM se face fie pe fundație de beton (PTM-1, PTM-4), fie pe șine de cale ferată montate pe traverse de lemn, posturi de transformare tip șantier (PTM-5), fie direct pe un teren solid, posturi de transformare semimobile (PTM-6), sau pe fundații consolidate, posturi de transformare tip urban (PTM-7).

PTM se racordează în cablu sau aerian pe partea de înaltă tensiune și numai în cablu pe partea de joasă tensiune.

Schemele electrice ale părții de înaltă tensiune a posturilor corespund racordării lor buclate (PTM-1, PTM-4 și PTM-7) sau alimentării în vîrf (PTM-5 și PTM-6).

Echipamentul postului se montează în una sau mai multe cabine metalice din tablă de oțel ambutisată, eventual împărțită în compartimente.

Transformatorul de forță se montează fie în interiorul cabinei metalice (PTM-1 și PTM-4), fie în exterior (PTM-5 și PTM-6). În cazul instalării transformatorului în interior, ventilația optimă este asigurată prin circulația aerului permisă de jaluzele practicate în ușa inferioară și în peretele lateral al compartimentului transformatorului, precum și prin deschizăturile cornișei acoperișului postului, așa cum se vede în fig. 2.3.5, unde este prezentată vederea generală a unui PTM-1.

Spre deosebire de PTM-1 care este destinat alimentării cu energie electrică a rețelei de joasă tensiune din centrele urbane sau din incinta

întreprinderilor industriale şi este realizat dintr-o cabină metalică împărţită în două compartimente principale, compartimentul circuitelor de înaltă tensiune şi compartimentul transformatorului de forţă

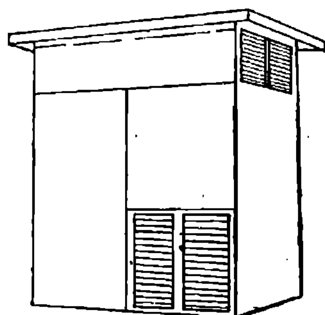


Fig. 2.3.5. Vederea generală a unui PTM-1.

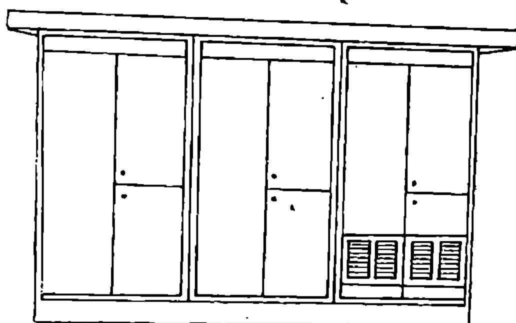


Fig. 2.3.6. Vederea generală a unui PTM-4.

şi al tabloului de distribuţie de joasă tensiune, PTM-4 (fig. 2.3.6), cu aceiaşi destinaţie, este realizat din două sau trei cabine metalice în funcţie de tipul reţelei de alimentare cu înaltă tensiune, respectiv pentru alimentare în vîrf sau pentru montare în reţea buclată.

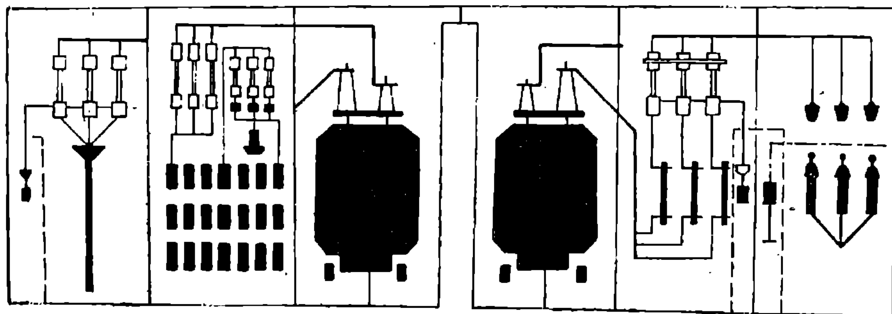
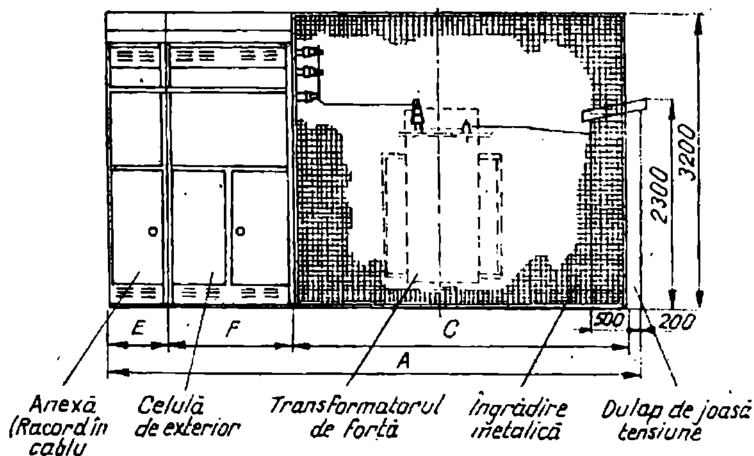
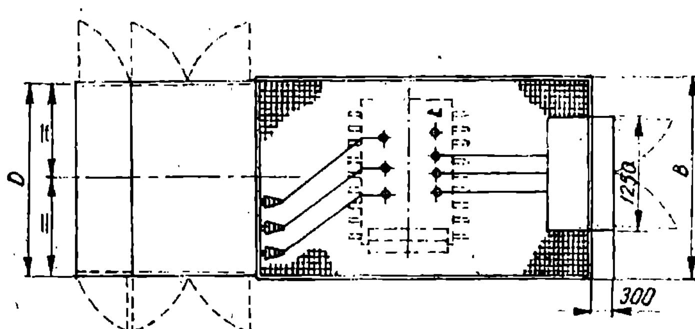


Fig. 2.3.7. Dispunerea aparatajului într-un PTM-4.

Cabinele se asamblează între ele prin şuruburi, două din ele avînd acoperiş comun, iar cea de a treia, dacă se montează, acoperiş separat. Construcţia permite o ventilaţie naturală prin orificiile prevăzute la cabina transformatorului şi la cornişa acoperişului.

Distribuţia aparatajului electric în cele trei cabine ale unui PTM-4 este indicată în fig. 2.3.7.





Putere transf. [kVA]	Cote [mm]											
	10 kV						20 kV					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
400	5050	2800	3000	1800	600	1250	5100	2800	3000	2000	600	1300
630	5050	2800	3000	1800	600	1250	5100	2800	3000	2000	600	1300
1000	5050	2800	3000	1800	600	1250	5100	2800	3800	2000	600	1300

Fig. 2.3.8. Vedere generală a unui PTM-5

Transformatorul este montat în una din cabinele metalice, aparatajul de protecție al primarului transformatorului și tabloul de joasă tensiune sînt montate într-o altă cabină, iar instalațiile pentru racordarea postului în rețeaua de înaltă tensiune buclată (dacă este cazul) se instalează în cea de a treia cabină metalică.

Alimentările de înaltă tensiune sînt prevăzute fie cu separatoare normale, fie cu separatoare de putere putînd rupe curenți de sarcină și, fiind prevăzute cu bobine de acționare, sînt posibile manevre de AAR și telecomenzi.

Protecția transformatorului pe partea de înaltă tensiune se realizează de regulă prin siguranțe fuzibile. Tabloul de joasă tensiune poate fi echipat cu siguranțe MPR sau siguranțe cu mîner, cu întreruptor automat pentru protecția transformatorului, cu contactor pentru aprinderea iluminatului public și contoare pentru măsurarea energiei.

Pentru alimentarea cu energie electrică a șantierelor mari se utilizează PTM-5.

Construcția unui PTM-5 este alcătuită dintr-o cabină de exterior pentru aparatajul de înaltă tensiune, dulapul pentru distribuția de joasă tensiune și o împrejmuire de protecție metalică, care nu permite accesul la transformator și la barele exterioare ale postului. Partea superioară a împrejmuirii se acoperă cu plase de protecție.

Dispunerea elementelor într-un PTM-5 este indicată în fig. 2.3.8. Protecția transformatorului pe partea de înaltă tensiune se realizează în funcție de puterea transformatorului fie prin siguranțe fuzibile, fie printr-o protecție maximală care comandă declanșarea unui întreruptor.

Pentru consumatorii temporari sau pentru șantierele mici se folosește PTM-6 prezentat în fig. 2.3.9.

Echipamentul postului se montează într-o cabină metalică din tablă de oțel ambutisată sprijinită pe o sanie de oțel profilat U-12. Cabina este împărțită în trei compartimente și anume: compartimentul de înaltă tensiune, compartimentul transformatorului de forță și compartimentul de joasă tensiune.

Intrarea pe înaltă și joasă tensiune se face în cablu. Protecția transformatorului pe partea de înaltă tensiune se realizează cu siguranțe tip SFI dimensionate în funcție de puterea transformatorului, iar pe

partea de joasă tensiune — cu siguranțe tip MPR sau siguranțe cu mîner tip SM.

În general în asemenea tip de post se instalează transformatoare de 100 sau 160 kVA. Tabloul de joasă tensiune este construit pentru

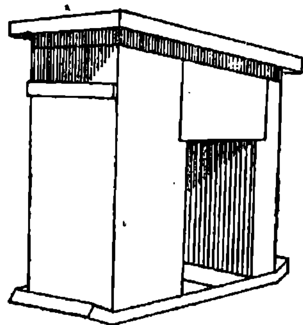


Fig. 2.3.9. Vedere generală a unui PTM-6.

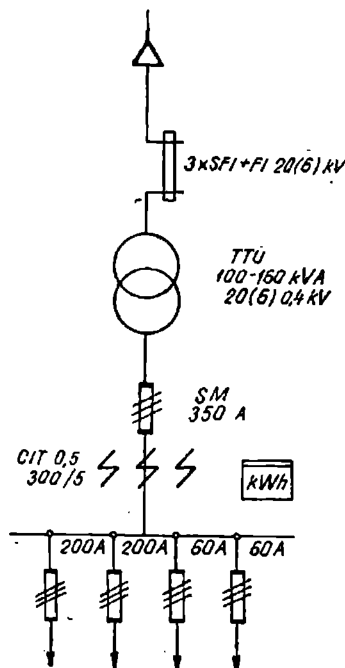


Fig. 2.3.10. Schema monofilară a unui PTM-6.

echiparea a patru plecări protejate; două cu siguranțe tip MPR sau siguranțe cu mîner și celelalte două cu siguranțe LS 60 A. În fig. 2.3.10 este prezentată schema electrică monofilară a unui PTM-6.

Postul de transformare PTM-7 prezentat în fig. 2.3.11, *a* și 2.3.11, *b* se montează în două sau trei cabine, după cum este alimentat pe partea de înaltă tensiune din rețea buclată sau din rețea arborescentă. Puterea transformatorului este de 160—400 kVA la tensiunile de 6, 10, 15 sau 20/0,4 kV.

Aşa cum sînt realizate aceste posturi de transformare, prezintă marele avantaj că pot fi montate fără a mai fi necesare operaţiunile de demontare-remontare, ci numai dezlegarea intrărilor în cablu pe partea de înaltă şi joasă tensiune.

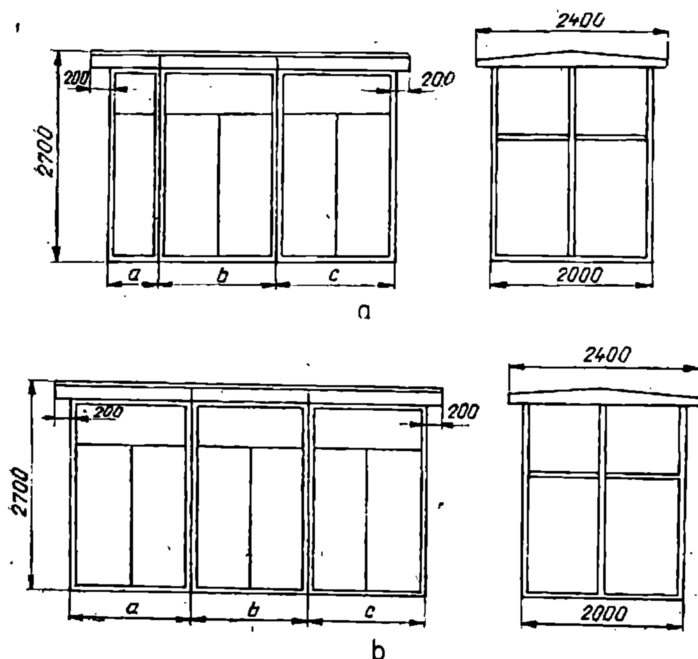


Fig. 2.3.11. Vedere generală a unui PTM-7 :
a — cu alimentare în vîrf ; *b* — cu alimentare buclată.

2.3.3. POSTURI DE TRANSFORMARE ÎN ÎNCĂPERI SUPRATERANE SAU SUBTERANE

Sînt utilizate pentru alimentarea cu energie electrică a reţelelor de joasă tensiune din mediul urban sau pentru alimentarea consumatorilor industriali sau agroindustriali. În primul caz postul de transformare se defineşte ca post de transformare pentru reţea iar în cel de al doilea caz — ca post de transformare pentru abonat.

Din punct de vedere constructiv posturile de transformare pentru reţea se pot realiza în clădiri independente, în construcţie subterană sau la parterul blocurilor de locuinţe.

6 tuburi PVC ϕ 110 mm

3 tuburi PVC ϕ 110mm

113
108
76
90
40
150
310
498
193
200
105
498

A — A

B — B

TRAFO | LINIE | LINIE

3~50 Hz

20(10) kV

0.4 kV

TABLOU j.t.
12 plecări

SECTIUNE A-A

+3.55

+200

Panou mare prefabricat

±0.00

-0.30

-0.40

-1.30

45

Pardoseală sclivisită 2cm
Placa beton armat 10cm
Pat de nisip 10cm
Umplutură pămînt 30cm

SECTIUNE B-B

Protecție hidroizolație bitum+nisip
3 straturi pînză+bitum
Planșeu prefabricat 14cm

+3.49

+2.50

+2.00

Trotuar dale prefabricate
Pat de nisip 10cm

-0.04
-0.02
+0.00
-0.30
-1.05
-1.30

25
45

Pardoseală beton
simplu B 100
Umplutură cu nisip

În fig. 2.3.12 este prezentată soluția constructivă și schema electrică monofilară a unui post de transformare pentru rețea în clădire independentă. Acest tip de post de transformare întîlnit în rețelele din mediul urban este echipat cu un transformator avînd puterea nominală între 250 kVA și 630 kVA și putînd fi racordat la rețeaua de 20 kV fie în vîrf, fie în sistem intrare-ieșire. Pe partea de joasă tensiune se pot racorda la tablou 12 plecări. Celulele de medie tensiune, transformatorul și tabloul de joasă tensiune sînt instalate în aceeași încăpere realizîndu-se îngrădirile și delimitările impuse de măsurile de protecția muncii și indicate în figură. Din punct de vedere al caracteristicilor constructive, clădirea este prevăzută cu fundații continue din beton simplu și soclu din beton armat, pereții sînt executați din panouri mari prefabricate din beton armat și este asigurată o ventilație naturală prin jaluzelele de la partea inferioară și superioară a panourilor din zona transformatorului.

Tot în rețelele urbane echipamentele cu care se echipează un post de transformare de rețea pot fi montate la parterul blocurilor de locuințe. În aceste cazuri postul de transformare ocupă două camere dintr-un apartament de patru camere, așa cum rezultă din fig. 2.3.13.

Din punct de vedere al schemei electrice monofilare postul de transformare este echipat cu două celule de linie de medie tensiune permițînd racordarea în vîrf sau în sistem intrare-ieșire, o celulă de transformator pentru puteri cuprinse între 250 kVA și 630 kVA și un tablou general cu 12 plecări.

Intrarea cablurilor de medie tensiune se realizează prin două tuburi de 150 mm diametru, iar plecările de joasă tensiune se realizează prin 13 tuburi cu același diametru incluse în fundație.

În zonele urbane aglomerate în care nu se realizează apartamente la parterul blocurilor de locuințe sau acolo unde clădirile independente ale posturilor de transformare nu s-ar putea încadra în arhitectura zonei, se realizează posturi de transformare în construcții subterane ca în fig. 2.3.14. La aceste construcții se iau măsuri speciale din punct de vedere al rezistenței (radieri, pereți, planșee de beton armat), al izolației hidrofuge și al aerisirii — ventilație forțată. De asemenea se realizează acces separat pentru [personal printr-o

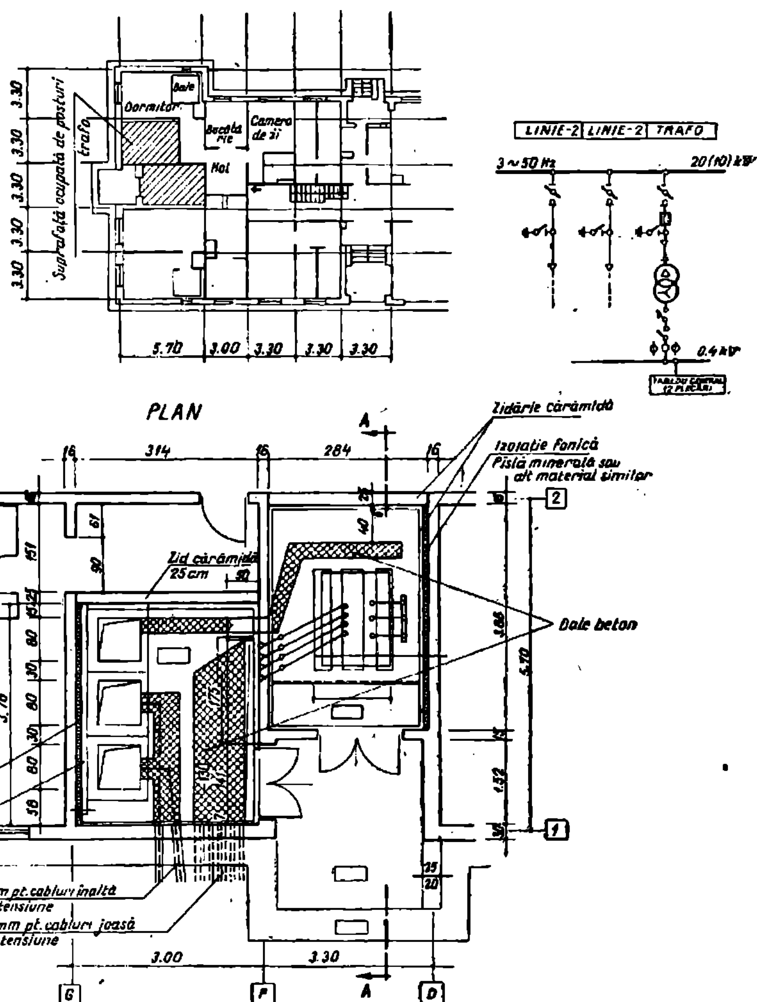
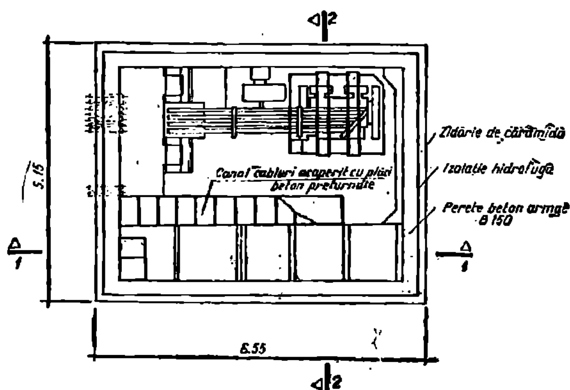
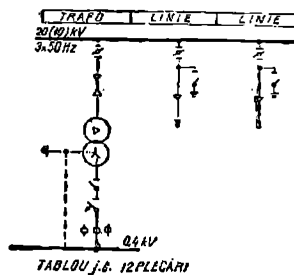
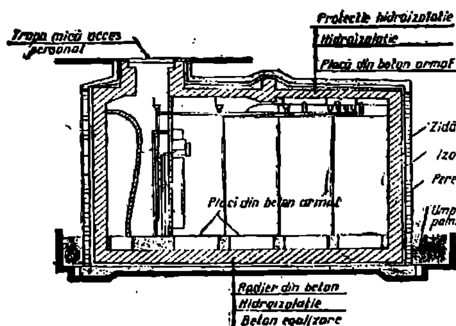


Fig. 2.3.13. Post de transformare pentru rețea la parterul blocurilor de locuințe.







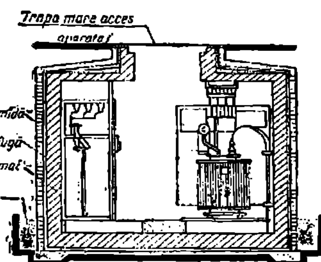


Fig. 2.3.14. Post de transformare pentru reţea în construcţie subterană.

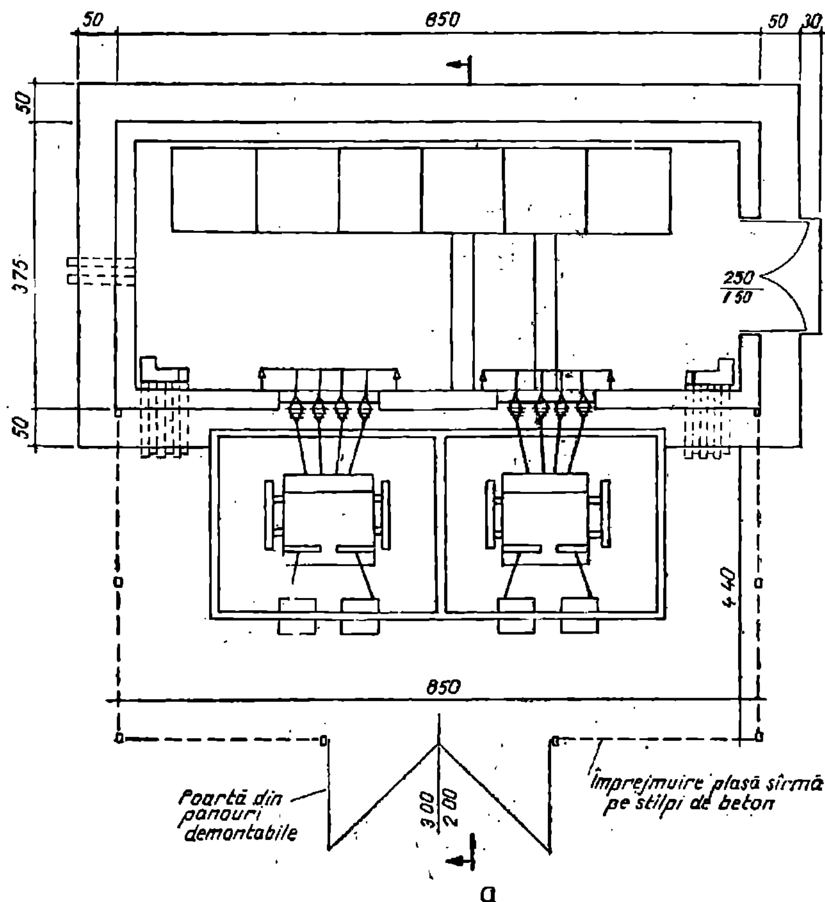
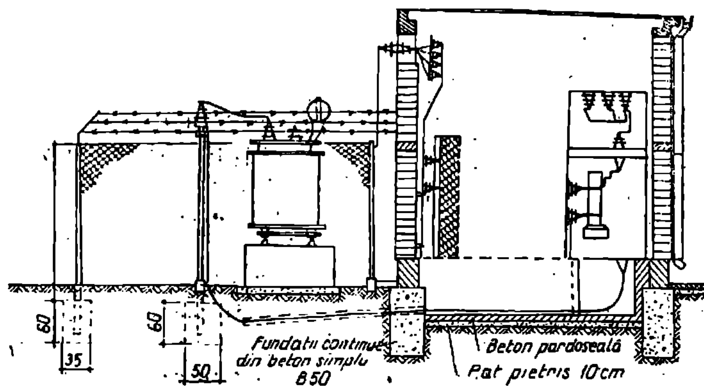
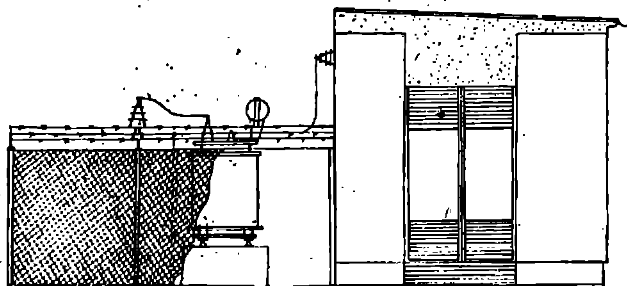


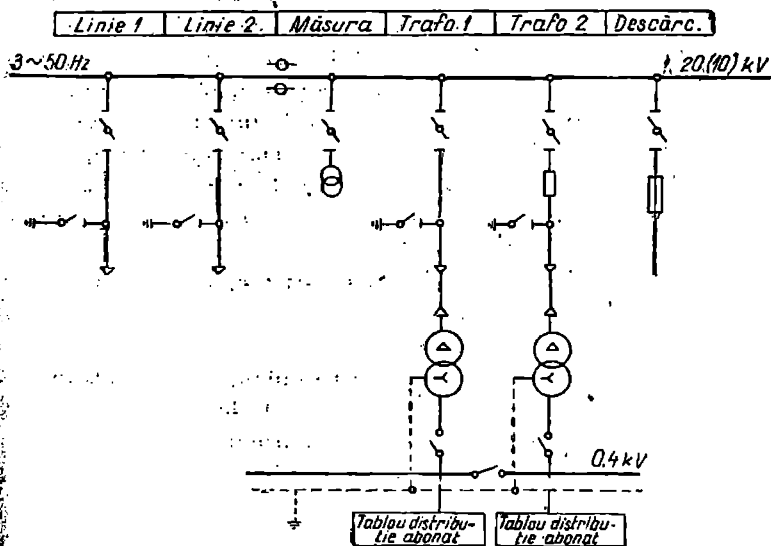
Fig. 2.3.15. Post de transformare pentru abonat cu două transformatoare montate în exterior:

a — vedere ; *b* — secţiune ; *c* — schema electrică monofilară.


60
35
60
50
Fundatii continue din beton simplu B50
Beton pardoseală
Pat pietris 10cm



b


Linie 1
Linie 2
Măsura
Trafo 1
Trafo 2
Descărc.
3~50 Hz
20 (10) kV
0,4 kV
Tablou distribuție abonat
Tablou distribuție abonat

c

trapă mică și acces pentru transformator și aparataj printr-o trapă mare.

Din punctul de vedere al schemei electrice monofilare și acest tip de post de transformare se echipează cu un transformator de 250 kVA, cu două celule de linie de medie tensiune, care permite racordarea postului în vîrf sau în sistem intrare-ieșire, și cu un tablou de joasă tensiune prevăzut cu 12 plecări.

Posturile de transformare pentru abonat, spre deosebire de cele pentru rețea, au unul, două sau mai multe transformatoare cu puteri nominale mergînd pînă la 1 600 kVA, aceste transformatoare putînd fi instalate fie în boxe special amenajate, fie în exterior. Posturile de transformare pentru abonat nu au tablou de distribuție de joasă tensiune, transformatoarele debitînd direct în tabloul general al abonatului. În cazul în care transformatoarele se instalează în exterior, acestea se îngrădesc cu o împrejmuire din plasă de sîrmă supraînălțată cu sîrmă ghimpată, așa cum se arată în fig. 2.3.15. Deoarece postul de transformare alimentează în exclusivitate un abonat măsura energiei electrice se montează pe barele de medie tensiune, transformatoarele de curent fiind înseriate pe bara colectoare, iar tensiunile fiind asigurate de la o celulă de măsură așa cum se indică în schema monofilară din fig. 2.3.15.

În rețele există și alte tipuri de post de transformare în construcții subterane sau supraterane, unele din acestea fiind realizate într-o variantă simplificată. Astfel în fig. 2.3.16 este prezentat un post de transformare în cabină de zid cu o singură încăpere, în care sînt montate transformatorul de forță, separatorul de intrare și cadrul cu siguranțe. De la transformator, circuitele de joasă tensiune ajung la un tablou de distribuție montat în peretele clădirii și închis cu ușa metalică. Siguranțele fuzibile de pe plecările de joasă tensiune sînt accesibile personalului abonatului.

Punctele de alimentare din rețelele urbane, numite și puncte de conexiuni de medie tensiune, sînt realizate în cabine de zid și pot fi combinate sau nu cu un post de transformare.

În fig. 2.3.17 este prezentată vederea în plan, secțiunea transversală și schema electrică monofilară a unui punct de conexiuni de medie tensiune combinat cu un post de transformare.

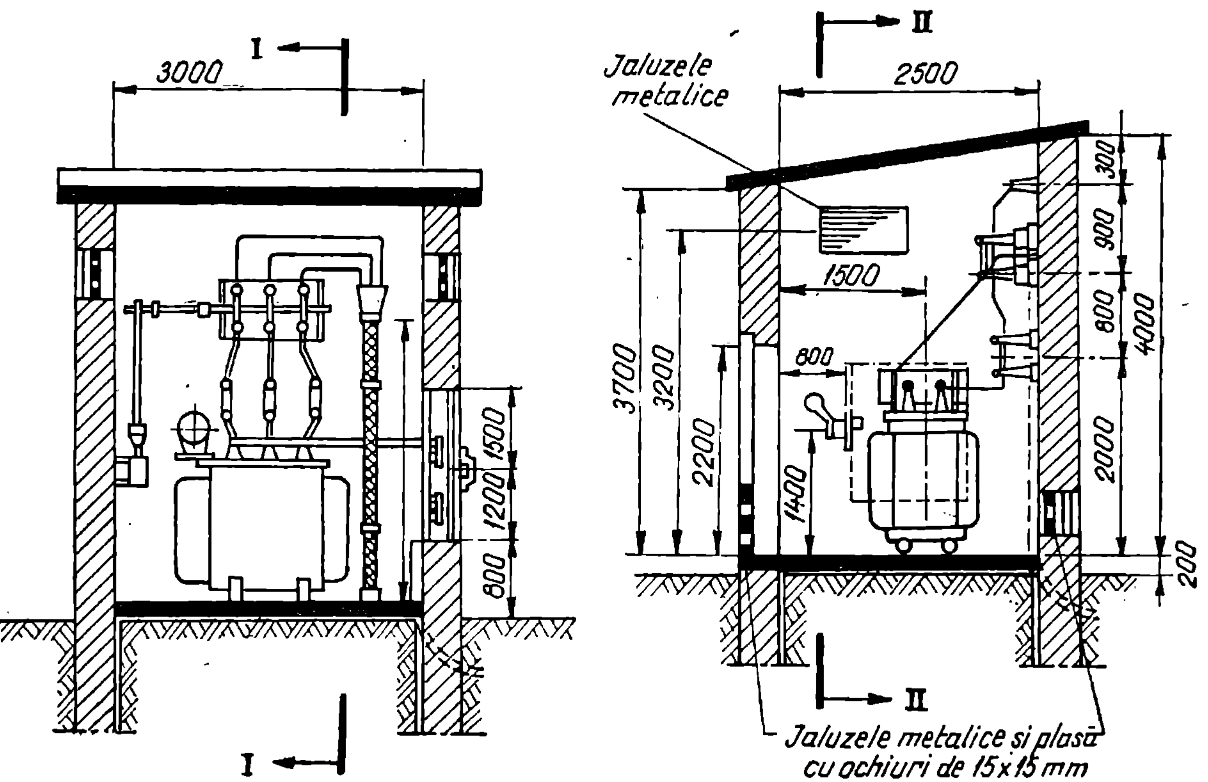
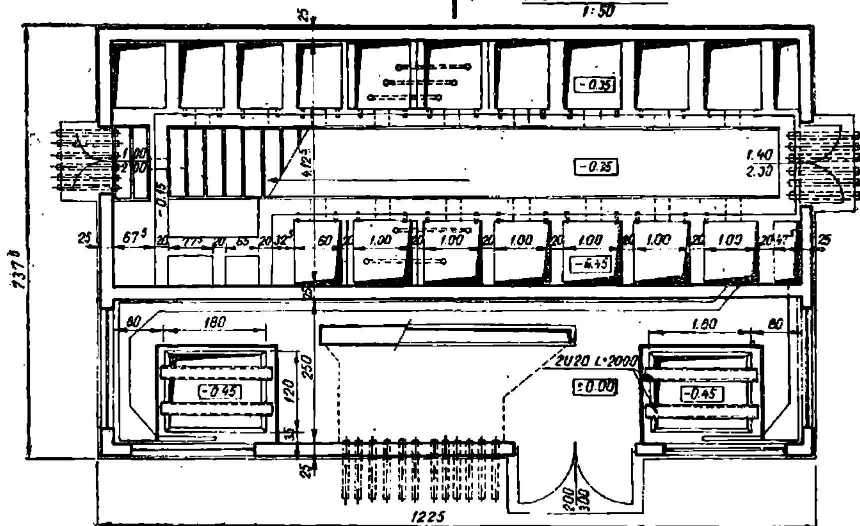
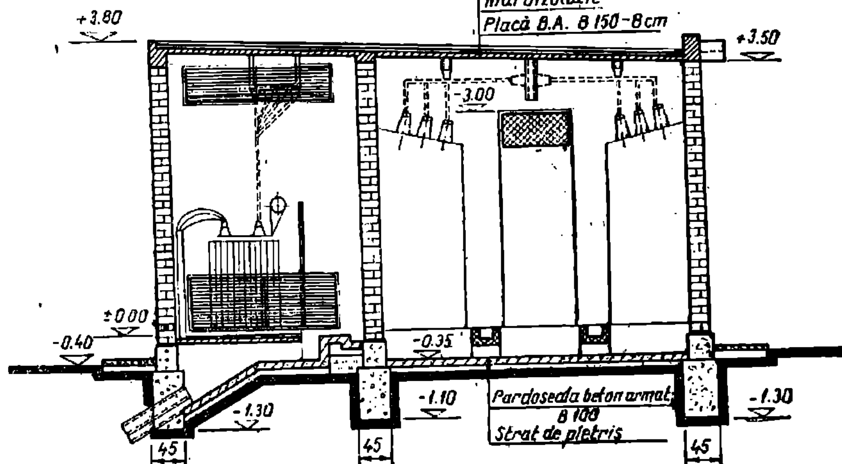


Fig. 2.3.16. Post de transformare în cabină de zid, cu un singur transformator.


VEDERE ÎN PLAN
1:50
A
A
1225
2U20 L=2000
±0.00
-0.35
-0.45


SECTIUNE A-A
1:50
Strat de protecție a hidroizolației
Hidroizolatie
Placă B.A. B 150-8cm
+3.80
+3.50
-3.00
±0.00
-0.40
-0.35
-1.30
-1.10
-1.30
Pardoseala beton armat
B 100
Strat de pietris
45
45
45

a

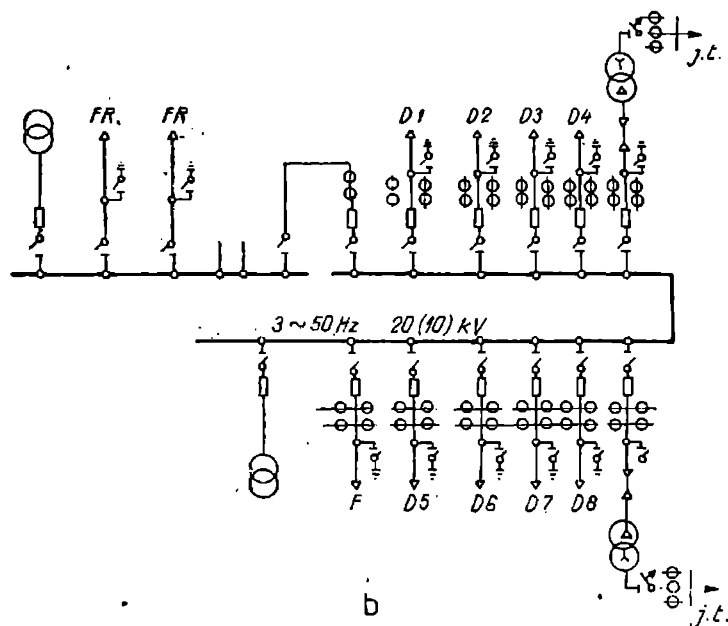


Fig. 2.3.17. Punct de alimentare combinat cu un post de transformare :
a — vedere și secțiune ; *b* — schema electrică monofilară.

ECHIPAMENTE ŞI INSTALAŢII ELECTRICE ALE STAŢIILOR ŞI POSTURILOR DE TRANSFORMARE

3.1. TRANSFORMATOARE ŞI AUTOTRANSFORMATOARE DE PUTERE

Transformatoarele şi autotransformatoarele de putere sînt aparate, fără piese în mişcare, în care are loc modificarea unor parametri electrici ai energiei primite. Transformatoarele şi autotransformatoarele montate în staţii electrice, în posturi de transformare sau în puncte de alimentare transformă un curent alternativ de o anumită tensiune în curent alternativ de o altă tensiune, fără a-i modifica frecvenţa. Ele reprezintă echipamentele de cea mai mare valoare din staţiile electrice sau din posturile de transformare, motiv care impune cunoaşterea, de către personalul de exploatare şi întreţinere, a principiului de funcţionare, a tipurilor constructive, a regimului de funcţionare impus de fabricant, a principalelor lucrări de întreţinere, încercări şi măsurători profilactice, a eventualelor defecţiuni ce pot apare în funcţionare şi modul de acţionare pentru remedierea lor.

3.1.1. TIPURI CONSTRUCTIVE

Condiţiile tehnice şi de construcţie ale transformatoarelor de putere şi ale autotransformatoarelor sînt stabilite prin STAS 1703-80. Conform prevederilor acestui STAS, producătorul trebuie să indice tipul transformatorului şi să atribuie transformatorului valori nominale.

Tipul transformatorului se simbolizează prin două grupuri de litere mari despărţite printr-o linioară : prima grupă, formată din trei sau patru litere indică tipul transformatorului, iar cea de-a doua grupă,

formată din două litere, indică modul de răcire. Semnificația literelor din primul grup este următoarea :

— prima literă : T — transformator
A — autotransformator

— a doua literă : T — trifazat
M — monofazat

— a treia literă : U — ulei

— a patra literă : S — cu reglaj sub sarcină
R — transformator (autotransformator) de reglaj

— fără a patra literă = transformator (autotransformator) fără reglaj sau cu reglaj în absența tensiunii.

Semnificația literelor din cea de-a doua grupă este următoarea :

— prima literă — circulația uleiului : N — naturală
F — forțată

— a doua literă — răcirea uleiului : L — liberă (naturală) cu aer
S — prin suflare cu aer
A — cu apă

Exemplu : ATUS-FS reprezintă autotransformator trifazat în ulei cu reglaj sub sarcină, avînd răcirea cu circulație forțată a uleiului și suflaj de aer.

În continuare sînt indicate mărimile nominale atribuite de fabricant transformatorului sau autotransformatorului respectiv.

Puterea nominală se obține ca produs între tensiunea nominală, curentul nominal și factorul de fază indicat în tabelul 3.1.1.

Puterea nominală astfel calculată corespunde unui regim de funcționare continuă.

Tabelul 3.1.1

Factorul de fază

Numărul de faze	Factorul de fază
1	1
3	$\sqrt{3}$

Puterile nominale ale transformatoarelor trifazate trebuie să se încadreze în seria de valori indicate în tabelul 3.1.2. Valorile din paranteze se evită.

Puterile nominale ale transformatoarelor monofazate destinate construirii unui grup trifazat sînt egale cu o treime din valorile din tabelul 3.1.2.

Puterile nominale ale transformatoarelor monofazate care nu sînt destinate unei astfel de utilizări sînt aceleași ca și pentru transformatoarele trifazate.

Prevederile standardului respectiv cuprind și date referitoare la regimurile de suprasarcină ale transformatoarelor și autotransformatoarelor, funcționarea la o tensiune superioară tensiunii nominale a înfășurărilor (STAS 17031/1-80), condiții de funcționare (STAS 1703/2-80), încălzire (STAS 1703/2-80), nivelul de izolație (STAS

Tabelul 3.1.2

Puterile nominale ale transformatoarelor trifazate
[kVA] (după STAS 1703/1-80)

5 ; 6,3 ; 8				
10	100	1 000	10 000	100 000
(12,5)	(125)	(1 250)	(12 500)	(125 000)
16	160	1 600	16 000	160 000
(20)	(200)	(2 000)	(20 000)	(200 000)
25	250	2 500	25 000	250 000
(31,5)	(315)	(3 150)	(31 500)	(315 000)
40	400	4 000	40 000	400 000
(50)	(500)	(5 000)	(50 000)	(500 000)
63	630	6 300	63 000	630 000
(80)	(800)	(8 000)	(80 000)	(800 000)

1703/3-80), prize și conexiuni (STAS 1703/4-80), stabilitate la scurtcircuit (STAS 1703-5-80), verificarea calității și încercării (STAS 1703/6 și 1703/7-80).

Transformatoarele și autotransformatoarele, la livrare, sînt însoțite de certificate de calitate, de instrucțiuni pentru transport, montaj, instalare, întreținere și exploatare, de buletinul de încercare în fabrică (eventual vizat de grupa de recepție) și de cartea tehnică a transformatorului sau a autotransformatorului respectiv.

Fiecare transformator trebuie să fie prevăzut cu o placă indicatoare rezistentă la intemperii, fixată într-un loc vizibil, care să conțină următoarele informații :

a. Marca de fabrică sau denumirea întreprinderii producătoare ;

b. Tipul transformatorului (de exemplu, transformator, autotransformator) ;

c. Numărul standardului și, dacă este cazul, numărul normei tehnice de ramură ;

d. Numărul de fabricație ;

e. Anul de fabricație ;

f. Numărul de faze ;

g. Puterea nominală. Pentru transformatoarele cu mai mult de două înfășurări, trebuie să se dea puterea nominală a fiecăreia ;

h. Frecvența nominală;
i. Tensiunile nominale ale înfășurărilor;
k. Grupa de conexiuni;
j. Curenții nominali;
l. Tensiunea de scurtcircuit la curentul nominal (valoare măsurată);
m. Modul de răcire;
n. Masa totală (informativ);
o. Masa uleiului electroizolant.
p. Clasa de temperatură a izolației (pentru transformatoare uscate);
g. Încălzirea (dacă aceasta diferă de valoarea normală);
r. Schema de conexiuni (în cazul în care grupa de conexiuni nu conține indicații complete referitoare la conexiunile interioare). Dacă în interiorul transformatorului conexiunile pot fi schimbate, trebuie să se indice care sînt cele care s-au executat la livrare;
s. Nivelul de izolație;
t. Masa de transport (pentru transformatoarele a căror masă totală depășește 5 t);
u. Masa decuvabilă (pentru transformatoarele a căror masă totală depășește 5 t);
v. Natura lichidului izolant, dacă acesta este altul decît uleiul electroizolant.
w. Detalii referitoare la prize:
— indicarea înfășurării care este dotată cu prize;
— un tabel dînd pentru fiecare priză tensiunea de priză și puterea de priză a fiecărei înfășurări;
— valoarea impedanței de scurtcircuit pe prizele extreme și pe priza mediană, cu indicarea înfășurării la care este raportată această impedanță;
— eventualele informații asupra funcționării transformatorului la o tensiune depășind 105% din tensiunea de priză sau, pentru priza principală, 105% din tensiunea nominală.

Marcarea trebuie să fie lizibilă și durabilă.

Principalele elemente constructive ale transformatoarelor și autotransformatoarelor sînt: circuitul magnetic (miezul), înfășurările, cuva și capacul, conservatorul, comutatorul pentru reglajul tensiunii, izolatoarele de trecere, instalațiile de răcire, releele de gaze și alte accesorii.

Circuitul magnetic al transformatorului sau al autotransformatorului este confecționat din tole de tablă silicioasă laminată la rece, cu grosimi de ordinul 0,28—0,3 mm, și este constituit din două, trei sau mai multe coloane verticale, reunite prin două juguri orizontale.

Porţiunea din circuitul magnetic pe care se îmbracă înfăşurarea se numeşte miez. Miezurile se unesc între ele prin jugul superior şi jugul inferior.

Tolele se izolează între ele cu carlit, hîrtie subţire de 0,02—0,03 mm, sau se acoperă cu un strat de lac, după care se strîng cu buloane aşezate în bucşe izolate.

Această construcţie se foloseşte pentru a micşora curenţii turbionari induşi în fier de către fluxul magnetic alternativ.

În prezent constructorii de transformatoare au obţinut pierderi specifice sub 0,4 W/kg, folosind tole din tablă silicioasă laminată la rece.

Toate piesele metalice ale miezului magnetic şi ale schelei trebuie legate la pămînt, cu excepţia buloanelor de strîngere izolate care traversează tolele coloanelor şi jugurilor.

La transformatoarele de mare putere pachetele de tole sînt separate prin foi de carton electrotehnic. În acest caz, pachetele de tole trebuie să fie legate toate la pămînt. De obicei, pe capacul cuvei sînt scoase într-o cutie de borne legăturile între pachetele de tole şi legăturile la pămînt, pentru a se putea supraveghea nivelul de izolaţie între pachete şi faţă de masă.

Înfăşurările (bobinajele) transformatoarelor şi autotransformatoarelor sînt constituite din conductoare de cupru sau aluminiu rotunde sau dreptunghiulare, izolate între ele şi faţă de coloanele miezului pe care sînt fixate. Înfăşurările sînt de tip continuu, spiralate, în galeţi sau stratificate şi sînt executate pe cilindri din pertinax, transformerboard sau hîrtie izolantă, cu unul sau mai multe conductoare în paralel sau din bare masive de aluminiu roluite şi sudate între ele cu o instalaţie de argon-arc.

Ele sînt astfel executate şi fixate încît să reziste la eforturile electrodinamice şi termice de scurtcircuit şi la undele de şoc de tensiune.

Înfăşurările aceleiaşi faze se fixează pe aceeaşi coloană şi sînt aşezate de regulă pornind dinspre miez spre exterior, în următoarea ordine: înfăşurarea de joasă tensiune, înfăşurarea de medie tensiune, dacă există, înfăşurarea de înaltă tensiune, înfăşurarea de reglaj grosier şi de reglaj fin.

Spirele înfăşurărilor, cufundate în uleiul de transformator, care are o mare rigiditate dielectrică, sînt bine izolate una faţă de alta şi faţă de masă. În afară de aceasta, uleiul de transformator, avînd o conductibilitate termică ridicată, conduce căldura de la înfăşurări la cuvă.

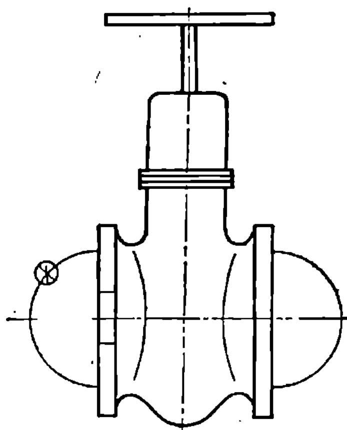
Cuvele pentru transformatoare şi autotransformatoare se execută din tablă de oţel, în construcţie sudată, consolidate cu nervuri, centuri de rigidizare şi grinzi verticale. Cuva este calculată să reziste la o supra-

presiune interioară de 0,6 atm la fundul cuvei. Cuvele pot fi de construcție clasică (cuva + capac) sau cuvă clopot (clopot + platformă). Pentru transformatoarele de putere mică cuvele se fac de obicei de formă dreptunghiulară, iar pentru transformatoarele de putere mare, de formă ovală sau cu un perete frontal drept și celălalt oval.

Pentru ridicarea cuvei și a transformatorului montat, se realizează pe cuvă, aproape de rama superioară, dispozitivele (cîrligele) de manevră respectiv de ridicare. De asemenea, se realizează dispozitive pentru ridicare cu vinciuri mecanice și urechi de tragere în patru sensuri la transformatoarele de la 2 500 kVA în sus, inclusiv. Pentru a mări suprafața de răcire, cuva se construiește cu suprafața ondulată, cu radiatoare de răcire sau cu baterii de răcire.

Pe pereții laterali ai cuvei sînt prevăzute racordurile cu flanșe (cu clapetă) pentru bateriile și radiatoarele de răcire sau, la transformatoarele de putere mai mică, cuvele sînt prevăzute cu țevi de răcire (radiatoare), de exemplu de tip liră, sudate direct pe cuvă.

La toate transformatoarele se montează robinete de golire a cuvei, cum este cel din fig. 3.1.1. La transformatoarele cu puteri peste 1 000 kVA inclusiv se montează pe fundul cuvei un dop pentru curățire. Bușonul (dopul) de curățire, care se montează pe fundul cuvei într-o poziție accesibilă, are rolul de a permite eliminarea reziduurilor care se depun la degradarea uleiului și la spălarea interioară a cuvei. Asemenea bușoane de curățire se montează uneori și la conservatoarele de ulei, la bateriile de răcire, la releele de gaze etc.


Fig. 3.1.1. Robinet de golire a cuvei.

Pentru deplasare, la partea inferioară a cuvei este realizat un dispozitiv de transport format din sănii sau roți pentru transformatoare pînă la 100 kVA inclusiv, din roți rabatabile în două direcții perpendiculare pentru transformatoare de la 250 kVA inclusiv, cu roți rabatabile cu rebord pentru cale ferată pentru transformatoare de la 2 500 kVA în sus, inclusiv. La transformatoarele de putere mare cărucioarele de transport sînt realizate din roți cu rebord, avînd ecartamentul normal, de 1 435 mm. Roțile asigură posibilitatea deplasării în două direcții perpendiculare, prin schimbarea poziției lor, după ce cuva a fost ridicată pe cricuri.

La montarea transformatoarelor se are în vedere să se realizeze și dispozitivele de fixare a transformatoarelor pe șine pentru cazul unui eventual seism.

La toate transformatoarele este realizată o bornă de legare la pămînt.

Pentru luarea probelor de ulei, pe cuva transformatorului se montează unul sau mai multe bușoane. Pentru transformatoarele de la 100 kVA în sus inclusiv, se montează 1 bușon pentru luat probe de ulei, iar la trafo peste 2,5 MVA se montează 2—3 bușoane. Acestea sînt de tipul cu garnitură de etanșare sau cu bilă de oțel.

Transformatoarele de putere mare prevăzute cu 2 sau 3 bușoane permit luarea probelor de la nivelul superior și mediu, deoarece acestea sînt asigurate cu țevi interioare, iar amplasarea lor la partea inferioară este realizată pentru prelevarea ușoară și în condiții de siguranță a probelor de ulei, cu transformatorul sub tensiune.

La toate transformatoarele se montează pe cuvă plăcuța indicatoare și plăcuța cu schema conexiunilor.

Pe cuva și capacul transformatoarelor sînt montate izolatoarele de trecere și o serie de accesorii necesare funcționării și exploatării.

Conservatorul de ulei este un rezervor cilindric, fixat la partea superioară a cuvei, care are rolul de a prelua variațiile nivelului de ulei. La transformatoarele cu reglaj fără sarcină, conservatorul are o singură cameră, iar la cele cu reglaj sub sarcină are două, una servind drept conservator al comutatorului de ploturi.

Camerele comunică, prin intermediul unor racorduri prevăzute cu robinete de separare, cu cuva comutatorului de reglaj și respectiv cu cuva transformatorului.

Între ele, camerele comunică prin două orificii executate în peretele separator, unul la partea inferioară prevăzut cu filtru de ulei, pentru circulația uleiului între cele două camere și altul la partea superioară, servind la echilibrarea presiunii aerului între cele două camere. Fiecare cameră este prevăzută cu robinet de golire. Fiecare conservator este prevăzut cu dispozitiv de umplere.

Pentru tensiunile de 220 și 400 kV, conservatorul este prevăzut cu o membrană elastică din cauciuc. Această construcție are avantajul protejării corespunzătoare a uleiului împotriva oxidării și umidității, respectiv uleiul nu poate absorbi oxigenul sau umiditatea din atmosferă, putînd astfel să-și păstreze calitățile inițiale un timp mai îndelungat.

Nivelul uleiului din conservator se verifică fie la o sticlă de nivel, care funcţionează pe principiul vaselor comunicante, fie la un indicator magnetic al nivelului de ulei. La conservatoarele cu membrană elastică din cauciuc conservatorul este prevăzut cu două indicatoare magnetice de ulei, unul pentru supravegherea nivelului de ulei şi celălalt pentru supravegherea integrităţii membranei elastice din cauciuc.

Pentru supravegherea nivelului de ulei din transformator în funcţie de temperatura mediului exterior, la sticla de nivel sau la indicatorul magnetic al nivelului de ulei se trag trei linii de control corespunzînd temperaturii mediului exterior de: −35°C, +15°C şi +35°C.

Dispozitivul de semnalizare al indicatorului magnetic al nivelului de ulei este fie un sector de cerc care, în funcţie de cantitatea de ulei din conservator, are culoarea roşu şi alb, fie un sector de cerc cu ac indicator inscripţionat: gol; 1/4; 1/2; 3/4 şi plin.

Semnificaţiile semnalizărilor de la vizorul indicatorului magnetic al nivelului de ulei, în funcţie de temperatura medie a uleiului, sînt cele din tabelul 3.1.3.

Tabelul 3.1.3

Semnificaţia semnalizărilor de la vizorul indicatorului magnetic al nivelului de ulei în funcţie de temperatura medie a uleiului

Temperatura medie a uleiului	Semnificaţia semnalizărilor
−40°C	complet roşu
−10°C	1/4 alb şi 3/4 roşu
+30°C	1/2 alb şi 1/2 roşu
+70°C	3/4 alb şi 1/4 roşu

Pentru alte valori ale temperaturii, indicaţia la vizor va fi determinată prin interpolare.

Indicatorul magnetic pentru nivelul uleiului mai este prevăzut şi cu două contacte, care sînt acţionate astfel: dacă nivelul uleiului din conservator scade sub nivelul minim admisibil, atunci indicatorul de nivel închide un contact prin care semnalizează în camera de comandă atingerea nivelului de ulei minim. Dacă nivelul uleiului din conservator creşte peste nivelul maxim admisibil, atunci indicatorul de nivel închide un contact prin care semnalizează în camera de comandă atingerea nivelului de ulei maxim.

În principiu, indicatorul magnetic pentru nivelul uleiului, prezentat în fig. 3.1.2, constă dintr-o carcasă metalică, fixată etanş la ulei, pe flanşa sudată pe unul din capetele conservatorului cu ajutorul unei garnituri de etanşare. În carcasă, spre partea din faţă, închise printr-un geam de sticlă, sînt fixate pe un ax rotativ şaibe indicatoare şi un magnet premanent. Opus acestui magnet permanent, dar separat prin peretele carcasei, este fixat pe un ax rotativ un contramagnet, rotit de un plutitor metalic care urmăreşte variaţia nivelului de ulei din conservator.

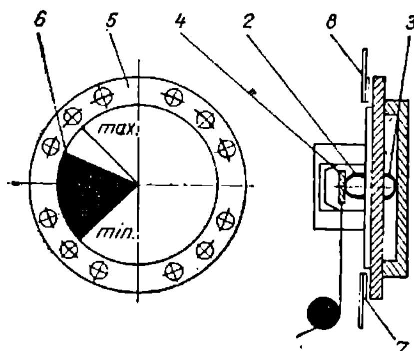


Fig. 3.1.2. Indicator magnetic al nivelului uleiului:

1 — flotor; 2 — magnet permanent interior; 3 — magnet permanent exterior; 4 — angrenaj cu roţi dinţate; 5 — carcasă; 6 — indicator; 7 — garnitură de etanşare; 8 — capacul conservatorului.

În felul acesta, magnetul permanent din carcasă este antrenat de liniile de forţă magnetice care trec prin peretele carcasei. Deci este antrenată şi şaiba indicatoare. În faţa acestei şaibe se găseşte vizorul din sticlă cu marcajele pentru nivelul de ulei maxim, respectiv minim.

Această execuţie are avantajul că dispozitivul indicator exterior este complet separat de uleiul din conservator şi deci, la o eventuală spargere a vizorului de sticlă, nu avem pierderi de ulei.

Dispozitivul de filtrare a aerului (filtrul de aer) este un aparat care se montează pe racordul de legătură al conservatorului şi are rolul de a absorbi umiditatea din aerul atmosferic care pătrunde în conservator la scăderea nivelului de ulei respectiv de a proteja uleiul, chiar în cazul ruperii membranei elastice din cauciuc la conservatoarele prevăzute cu această membrană. Filtrul de aer se montează obligatoriu la transformatoarele de la 400 kVA în sus, inclusiv dar se poate monta şi la transformatoarele de la 100 kVA în sus, inclusiv.

Ca material higroscopic se foloseşte silicagelul sau ionosilul indicator, care este obţinut din silicagel tratat cu clorură de cobalt şi care îşi schimbă culoarea în funcţie de cantitatea de apă absorbită. În stare anhidră (lipsit de apă) ionosilul are culoarea albastră deschis, iar pe măsură ce absoarbe umiditatea culoarea trece în roşu, apoi în roz, iar la saturaţie cu apa devine incolor. În această situaţie materialul higroscopic trebuie înlocuit sau regenerat. De preferinţă înlocuirea sau regenerarea se face cînd culoarea ionosilului a devenit slab roz. Rege-

nerarea se face prin încălzire la 150—200°C pînă ce culoarea lui devine albastru deschis. Cu ocazia regenerării nu este permis să se depăşească temperatura de 300°C. Ionosilul nu trebuie să vină în contact cu uleiul, deoarece la regenerare își pierde culoarea albastră, devenind brun sau chiar negru.

Filtrul de aer are dimensiuni diferite în funcţie de puterea transformatorului.

Un filtru de aer are următoarele părţi componente :

— cilindrul din sticlă în care se pune materialul higroscopic ;

— paharul de sticlă în care se pune ulei de transformator pînă la semnul indicator ;

— capacul inferior prevăzut cu orificii prin care intră aerul atmosferic ;

— capacul superior, care ajută la fixarea cilindrului, prevăzut cu racord de legătură la racordul pentru filtru al conservatorului.

Aerul atmosferic pătrunde în filtru în partea lui inferioară trecînd prin paharul de ulei (vezi direcţia săgeţilor în fig. 3.1.3) şi apoi, după reţinerea umezelii de către materialul higroscopic, ajunge prin racordul de legătură deasupra nivelului de ulei sau respectiv deasupra membranei conservatorului.

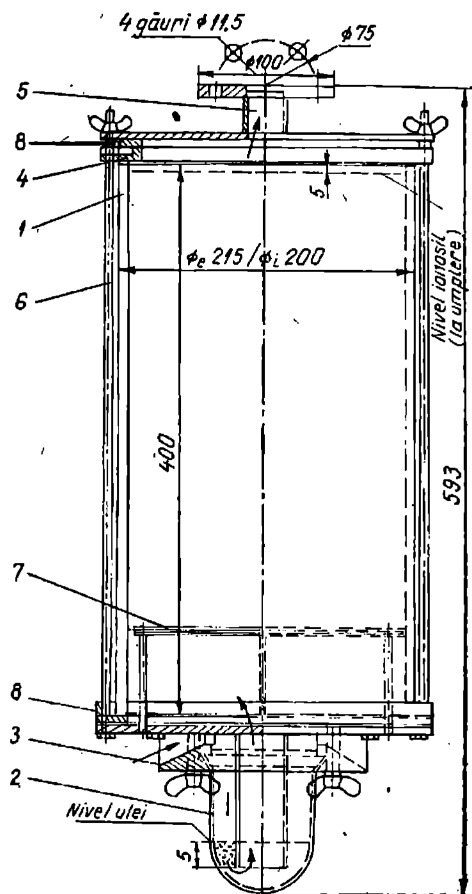


Fig. 3.1.3. Filtru de aer :
1 — cilindru din sticlă ; 2 — paharul din sticlă ; 3 — capac inferior ; 4 — capac superior ; 5 — racord de legătură cu flanşă ; 6 — tiranţi de fixarea cilindrului ; 7 — sită din alamă ; 8 — garnitură de etanşare.

Releele de protecţie se instalează în mod obligatoriu la transformatoarele cu puteri peste 400 kVA inclusiv şi se construiesc atît pentru protecţia transformatorului propriu-

zis (relee de gaze tip Buchholz), cît și pentru protecția comutatoarelor de reglaj sub sarcină (relee de gaze cu clapetă) la transformatoarele prevăzute cu acest reglaj.

Releul de gaze tip Buchholz este un aparat monobloc de gabarit redus care se montează în serie în circuitul de ulei dintre conservator și cuvă. El acționează:

— la scăderea nivelului de ulei din cuvă;

— apariția de aer sau gaze în cuvă ca urmare a unor arderi lente de izolație sau a unor eventuale neetanșeități a cuvei sau a instalațiilor de răcire;

— apariția unui curent de ulei venind dinspre cuvă ca urmare a unei unde de șoc.

Protecția releului poate fi:

— semnalizare preventivă;

— scoaterea de sub tensiune a transformatorului.

Ea acționează în timpul formării defectului, înainte ca acesta să producă avarii grave, spre deosebire de celelalte sisteme de protecție (diferențială, maximală, siguranțe fuzibile etc.), care acționează după apariția defectului.

Este compus (fig. 3.1.4) dintr-o carcasă turnată din aliaj de aluminiu, cu nervuri de întărire. Pe ambele părți laterale sînt cîte unul sau două vizoare față în față gradate pentru observarea comodă a uleiului. Sub vizoare, pe carcasă și pe capac sînt săgeți care indică drumul gazelor (montajul releului) dinspre cuvă spre conservatorul de ulei.

La partea superioară, pe capacul releului, se găsesc ventilul cu robinet și dopul filetat pentru evacuarea gazelor și pentru insuflarea aerului pentru controlul funcționării flotorului superior. De asemenea, la anumite relee, cum este și cel din figură, se găsește dispozitivul de control și blocare (taster) protejat printr-un căpăcel înșurubat. Căpăcelele ventilului și ale tasterului sînt legate de capacul releului cu lănțișoare metalice pentru a nu se pierde. Tot pe capac este cutia de borne.

În interiorul releului se găsesc două flotoare, fiecare cu cîte un întreruptor basculant cu mercur în vase de sticlă umplute cu gaz inert. Flotorul superior, echipat cu un întreruptor basculant pentru semnalizare, este acționat la scăderea nivelului de ulei și la degajeri lente de aer sau gaze. Flotorul inferior, echipat cu un întreruptor basculant pentru declanșare, este acționat la apariția unei unde de presiune (deplasare bruscă a uleiului dinspre cuvă spre conservator sau degajare violentă a gazelor ca urmare a unei arderi violente sau explozii).

La transformatoare peste 16 MVA se folosesc și relee de gaze tip Buchholz la care întreruptoarele sînt cu contact metalic în vas de sticlă

fix, acționate din afară cu ajutorul unui magnet permanent care se deplasează o dată cu flotorul.

Releul de gaze tip clapetă este un aparat de protecție care trebuie montat în mod obligatoriu la fiecare comutator de reglaj sub sarcină al transformatorului. El protejează comutatorul de reglaj sub sarcină

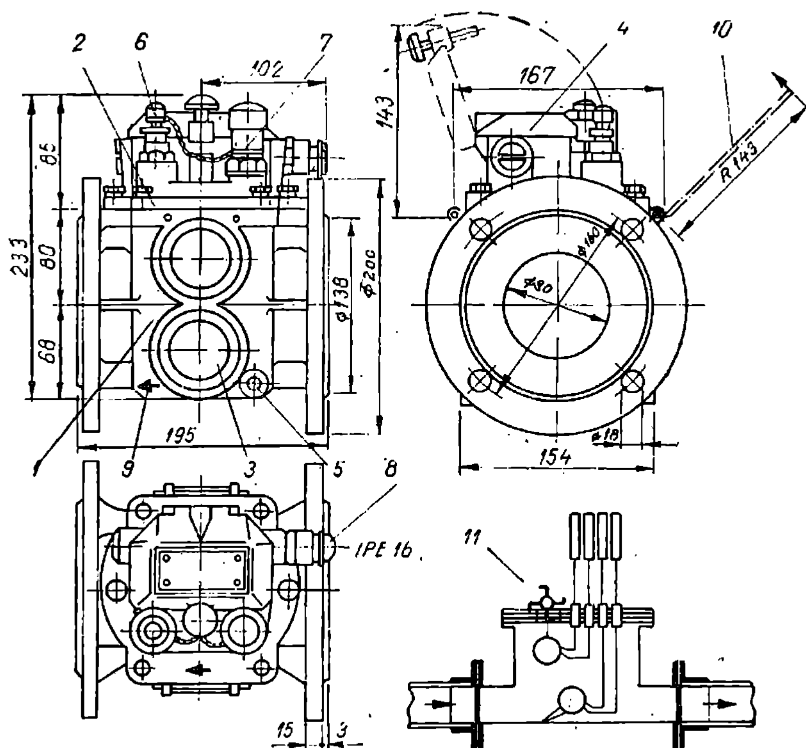


Fig. 3.1.4. Releul de gaze tip Buchholz :

1 — carcasă ; 2 — capac ; 3 — vizor ; 4 — capac cutie borne ; 5 — bușon de golire ; 6 — ventil pentru gaze ; 7 — taster ; 8 — bușon pentru racordare circuite ; 9 — săgeată indicatoare ; 10 — capac protecție vizor ; 11 — schema electrică a releului.

și transformatorul în cazul unei avarii la comutator. Este construit dintr-o carcasă turnată de aluminiu, ca în fig. 3.1.5, în interior avînd o clapetă basculantă cu două poziții, „în funcțiune" și „decuplat", un sistem de blocaje care menține clapeta în una din cele două poziții, trecerea de la o poziție la cealaltă putîndu-se face numai sub acțiunea unui impuls exterior, și un întreruptor basculant cu mercur, fixat printr-o

pîrghie solidară de clapetă şi avînd un contact normal închis şi un contact normal deschis. Pe peretele lateral, dispuse faţă în faţă, se găsesc două vizoare pentru observarea poziţiei clapetei.

La partea superioară a releului, protejate de un capac basculant, se găsesc două butoane de probă cu plăcuţe indicatoare „în funcţiune"

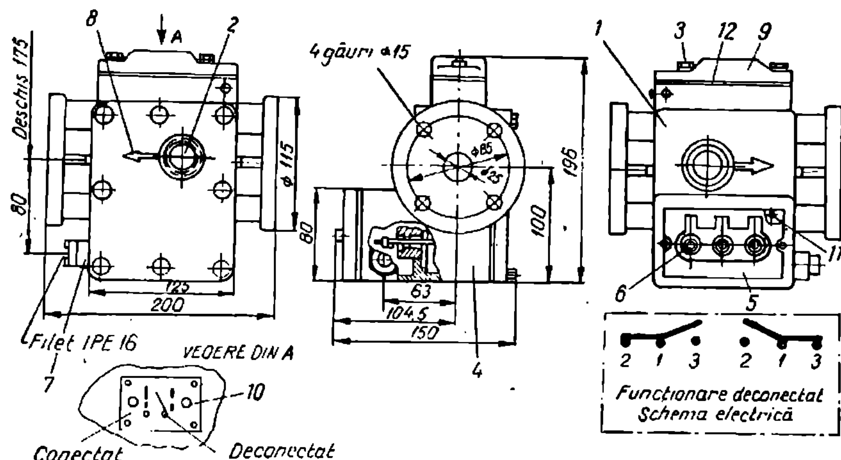


Fig. 3.1.5. Releu de protecţie comutator (releu tip clapetă) — RS 1000 :
1 — carcasă ; 2 — vizor ; 3 — şuruburi de prindere ; 4 — cutie de borne ; 5 — capac cutie borne ; 6 — borne ; 7 — racord circuite ; 8 — săgeată indicatoare ; 9 — capac basculant ; 10 — butoane de probă ; 11 — şurub punere la masă ; 12 — garnitură.

şi „decuplat" servind la verificarea funcţionării releului (butonul „în funcţiune") şi respectiv la readucerea clapetei în poziţia normală (butonul „decuplat").

Lîngă vizoare, prin turnare pe fiecare capac, este realizată cîte o săgeată indicatoare vopsită în roşu, care arată direcţia spre conservatorul de ulei al transformatorului.

Releele de protecţie de gaze sînt racordate prin intermediul robinetelor sau a clapetelor pentru transformatoarele cu puteri mai mari de 1 000 kVA inclusiv.

Ventilul de suprapresiune (fig. 3.1.6), care se instalează numai la transformatoarele şi autotransformatoarele de putere mare şi cu tensiune superioară de 400 kV, are scopul de a asigura trecerea uleiului din cuva transformatorului spre conservator la variaţia volumului de ulei, în cazul în care se uită închisă sau se defectează clapetele care sînt montate pe racordul între cuvă şi conservator. Ventilul este deschis de suprapresiunea care apare la creşterea temperaturii uleiului, dacă clapetele sînt în poziţia închis.

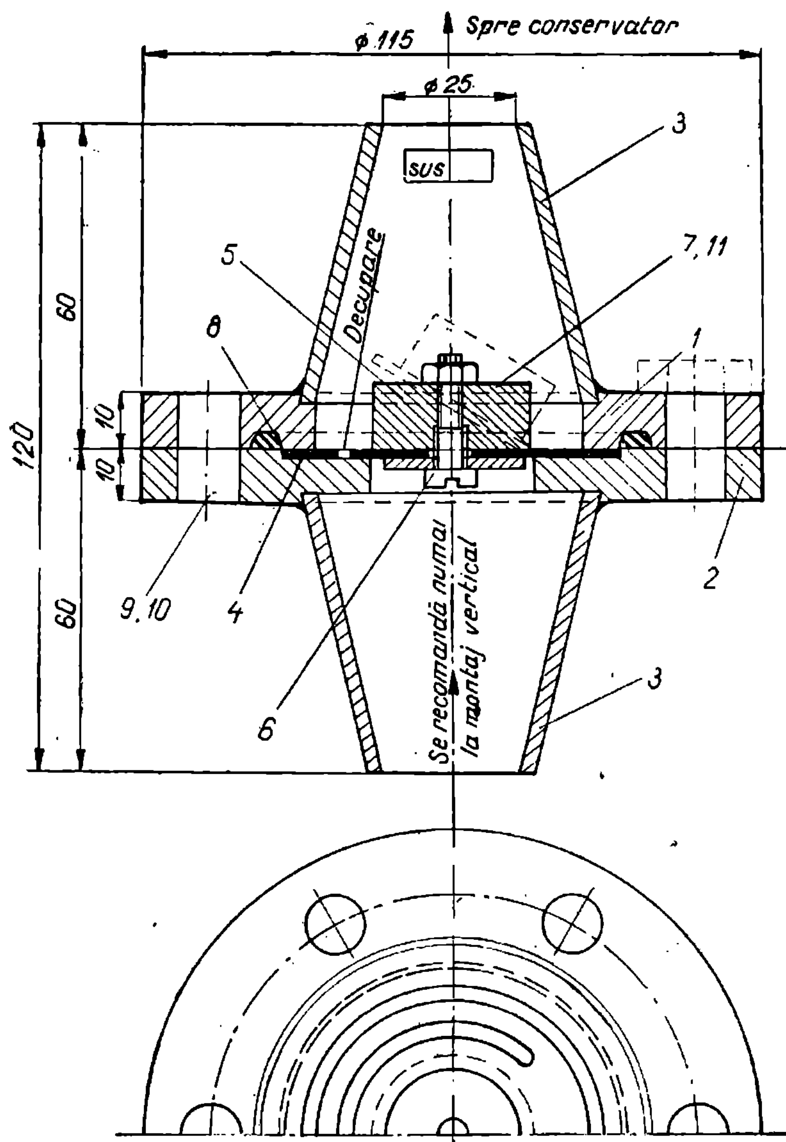


Fig. 3.1.6. Ventil de suprapresiune :

1 — flanșe superioare ; 2 — flanșe inferioare ; 3 — con ; 4 — ventil plot ; 5 — șaibă specială ; 6 — șaibă ; 7 — șurub cap cilindric ; 8 — garnitură 9 — șurub hexagonal ; 10 — piuliță M 10 ; 11 — piuliță M 5.

Supapa de evacuare gaze se instalează de asemenea la transformatoarele și autotransformatoarele de putere mare și tensiune ridicată și la care conservatorul este prevăzut cu membrană din cauciuc.

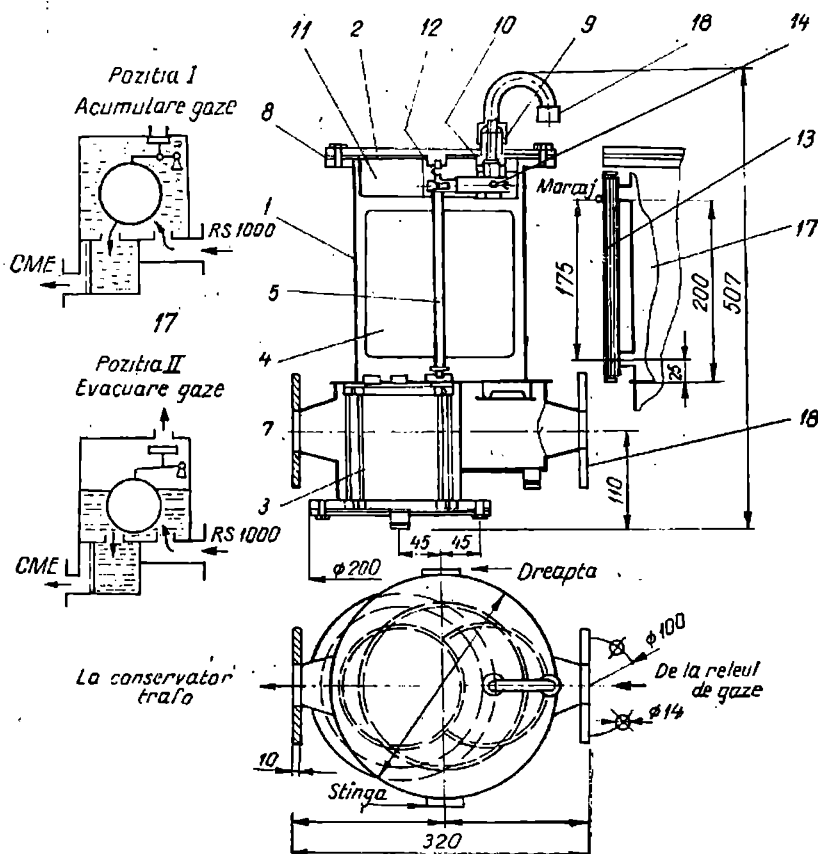
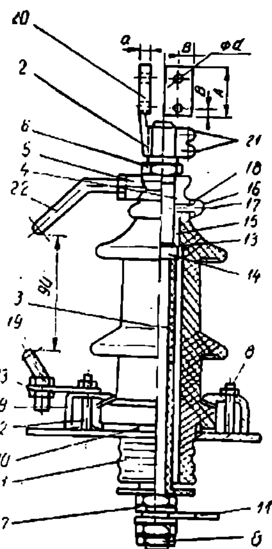


Fig. 3.1.7. Supapă evacuare gaze :

1 — cuvă ; 2 — capac superior ; 3 — capac inferior ; 4 — plutitor ; 5 — ax ; 6 — filtru grosier ; 7 — filtru fin ; 8 — garnitură etanșare ; 9 — garnitură supapă ; 10 — ventil cu piston ; 11 — piesă de lemn ; 12 — resort ; 13 — nivela de ulei ; 14 — furcă ; 15 — bușon curățire ; 16 — sită protecție ; 17 — ulei de transformator ; 18 — flanșe racord.

Dispozitivul, arătat în fig. 3.1.7, se instalează pe conducta între comutatorul de ploturi și conservator și are rolul de a acumula și a evacua în atmosferă gazele rezultate în urma funcționării ruptorului comutatorului de ploturi.

Izolatoarele de trecere (bornele) transformatoarelor şi ale autotransformatoarelor se montează la partea superioară a cuvei (pe capac) şi în funcţie de valoarea tensiunii sînt de tipul obişnuit de trecere, de tip



Tub izolator	A	B	d	a
Te 10/100	60	14	φ14	12
Te 10/2000	100	25	φ18	20
Te 10/3150	120	30	φ18	20

a

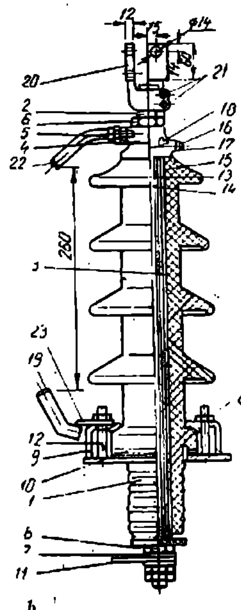


Fig. 3.1.8. Izolatoare de trecere :

a — izolator TE 10 kV ; *b* — izolator TE-35 kV : *1* — porţelan izolator ; *2* — bornă ; *3* — tub izolator ; *4* — garnitură ; *5* — capac ; *6* — piuliţă ; *7* — rondelă ; *8* — piuliţă ; *9* — clemă ; *10* — garnitură ; *11* — papuc ; *12* — prezon ; *13* — garnitură ; *14* — inel magnetic ; *15* — pană ; *16* — şurub ; *17* — garnitură ; *18* — căpăcel ; *19* — eclator inferior ; *20* — fanion ; *21* — şurub ; *22* — eclator superior ; *23* — suport eclator.

condensator sau umplute cu ulei propriu. La izolatoarele tip condensator, pentru a se asigura pătrunderea uleiului din transformator în partea superioară a izolatorului, trebuie deşurubat buşonul de aerisire aflat pe flanşa izolatorului. La izolatoarele cu ulei propriu trebuie verificat nivelul uleiului sau presiunea uleiului în funcţie de construcţia izolatoarelor respective.

În fig. 3.1.8 sînt prezentate izolatoarele de trecere tip T.E. 10 kV (fig. *a*) şi T.E. 35 kV (fig. *b*) şi detaliile lor constructive. De asemenea, în fig. 3.1.9 este prezentat izolatorul de trecere 110 kV, 400 A cu detaliile constructive.

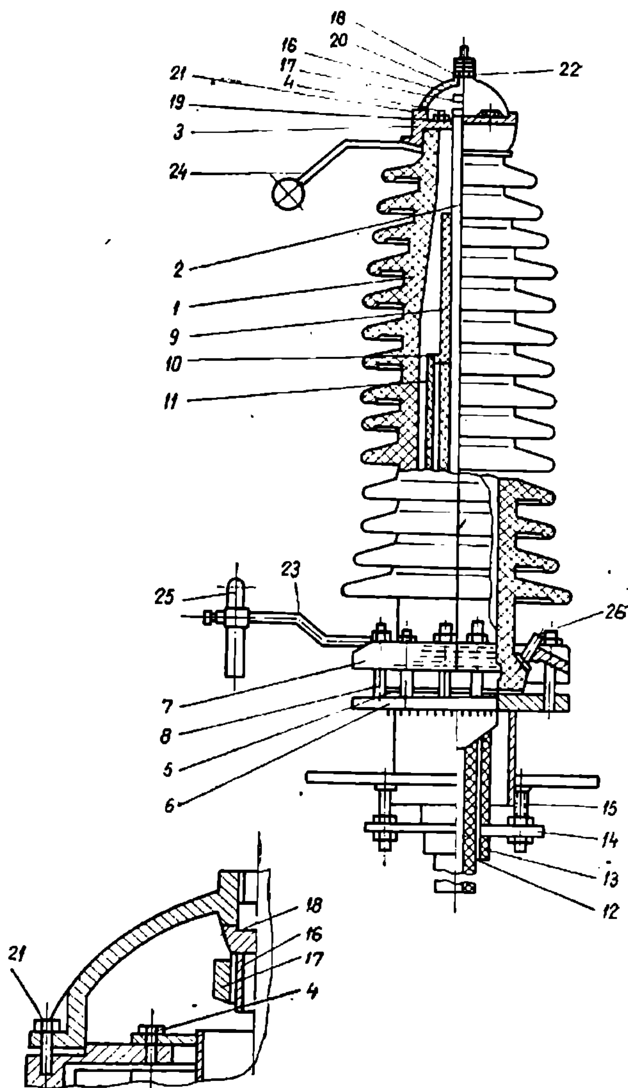


Fig. 3.1.9. Izolator 110 kV, 400 A:

1 — porțelan izolator; *2* — flanșă; *3* — flanșă de cap; *4* — șurub; *5* — garnitură; *6* — flanșă ștuț; *7* — flanșă stringere; *8* — prezon; *9* — tub izolant; *10* — flanșă izolantă; *11* — tub izolant; *12* — inel izolant; *13* — știft izolant; *14* — flanșă izolantă; *15* — prezon; *16* — bornă; *17* — piuliță specială; *18* — garnitură; *19* — garnitură; *20* — căpăcel; *21* — șurub; *22* — piuliță; *23* — suport eclator; *24* și *25* — eclator superior și inferior.

Notarea bornelor se face folosind :

— litere mari pentru înfășurarea cu tensiunea cea mai mare;
— litere mari cu indicele *m* pentru înfășurarea de tensiune medie;
— litere mici pentru înfășurarea cu tensiunea cea mai mică.

Pentru începuturile înfășurărilor se folosesc literele *A*, *B*, *C*—*a*, *b*, *c*. Pentru sfîrșiturile înfășurărilor se folosesc literele *X*, *Y*, *Z*—*x*, *y*, *z*. Pentru neutrul, care este scos pe capac, se folosesc literele *N*, respectiv *n*.

Așezarea bornelor pe capac se face astfel ca succesiunea literelor să fie de la stînga spre dreapta privind dinspre partea de înaltă tensiune.

În fig. 3.1.10 este exemplificată marcarea bornelor la un transformator cu 3 înfășurări, cu neutrul scos pe capac la înfășurarea de înaltă și medie tensiune.

Termometrele și dispozitivele de măsurat temperatura servesc pentru urmărirea și supravegherea regimului termic al transformatorului.

La transformatoarele cu putere mai mare de 63 kVA inclusiv se montează un termometru tehnic cu mercur, capacul cuvei avînd un locaș pentru termometru.

La transformatoarele cu putere mai mare de 1 000 kVA inclusiv, capacul cuvei este prevăzut cu locaș pentru montarea a două termo-

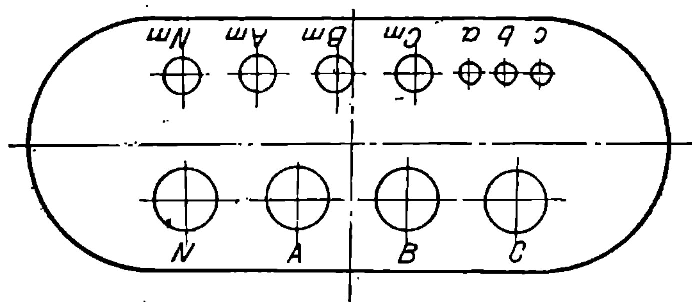


Fig. 3.1.10. Marcarea bornelor la un transformator cu trei înfășurări.

metre tehnice cu mercur. Termometrele cu mercur se montează în apărătoare, așa cum se arată în fig. 3.1.11.

La transformatoarele cu putere mai mare de 4 MVA inclusiv, se instalează, pe lîngă termometrele tehnice cu mercur, și un termometru manometric cu cadran și contacte electrice (fig. 3.1.12).

Fig. 3.1.12. Termometru manometric cu cadran și contacte electrice :

1 — carcasă ; 2 — cadran — 20°C ÷ + 120°C ; 3 — ac indicator ; 4 — contact semnalizare ; 5 — cablu legătură electrică ; 6 — capac ; 7 — buton reglaj ; 8 — tub capilar ; 9 — teacă termometru ; 10 — piuliță olandeză ; 11 — cap de fixare ; 12 — suport fixare ; 13 — șurub ; 14 — balama.

Fig. 3.1.11. Termometru tehnic cu mercur și cu apărătoare.

Termometrul cu cadran este folosit în următoarele scopuri:

— să măsoare temperatura uleiului;

— să semnalizeze depășirea unei limite de temperatură fixate;

— să comande introducerea sau scoaterea din circuitul de răcire al transformatorului a bateriilor de răcire;

— să comande scoaterea transformatorului din sarcină la depășirea temperaturii maxime a miezului sau a uleiului.

Termometrul manometric cu cadran este construit dintr-o carcasă turnată de aluminiu în care se află mecanismul de acționare al acului indicator, cadranul circular cu gradații de la —20° la 0° și la +120°C, acul indicator și contactele electrice cu poziție normal deschisă, butoanele de reglaj și racordul dintre dispozitivul de acționare a acului indicator și tubul capilar. Tubul capilar are o lungime fixă (cca 7 m) aparatul fiind etalonat pentru această lungime. La capătul celălalt al tubului capilar se află corpul de sesizare (rezervorul cu mercur sub presiune) și racordul de prindere în locașul termometrului de pe transformator.

Termometrul cu cadran funcționează datorită dilatării sau contractării unei coloane cu mercur introdusă în rezervorul sub presiune prelungit cu tubul capilar. La capătul opus rezervorului, tubul capilar este îndoit dub formă de arc. În funcție de temperatură, coloana de mercur dilatîndu-se, face să se destindă arcul, mișcarea transmițîndu-se acului indicator. Acesta va închide pe rînd, în funcție de reglaj, cele 1, 2 sau 3 contacte normal deschise, dînd comanda respectivă.

La transformatoarele și autotransformatoarele de putere mare și pentru tensiuni ridicate, 400 kV și 220 kV, se mai folosesc termometrele cu rezistență pentru măsurarea temperaturii miezului și a uleiului.

Elementul de măsurat este format dintr-o rezistență de platină montată în jugul superior (pentru măsurarea temperaturii miezului) sau în interiorul unei teci metalice cilindrice (pentru măsurarea temperaturii uleiului — fig. 3.1.13).

Temperatura este indicată în camera de comandă, prin intermediul unui comutator, de către un singur aparat indicator.

La același aparat indicator se poate citi și temperatura înfășurărilor prin folosirea termocopiei fig. 3.1.14, *Termocopia* este o termorezistență care face posibilă măsurarea indirectă a temperaturii înfă-

şurărilor, măsurarea directă neputîndu-se face din cauza tensiunii mari a înfăşurării.

Semnalizatorul termic de pericol (fig. 3.1.15) serveşte pentru protecţia transformatoarelor şi autotransformatoarelor împotriva supraîncălzirii uleiului.

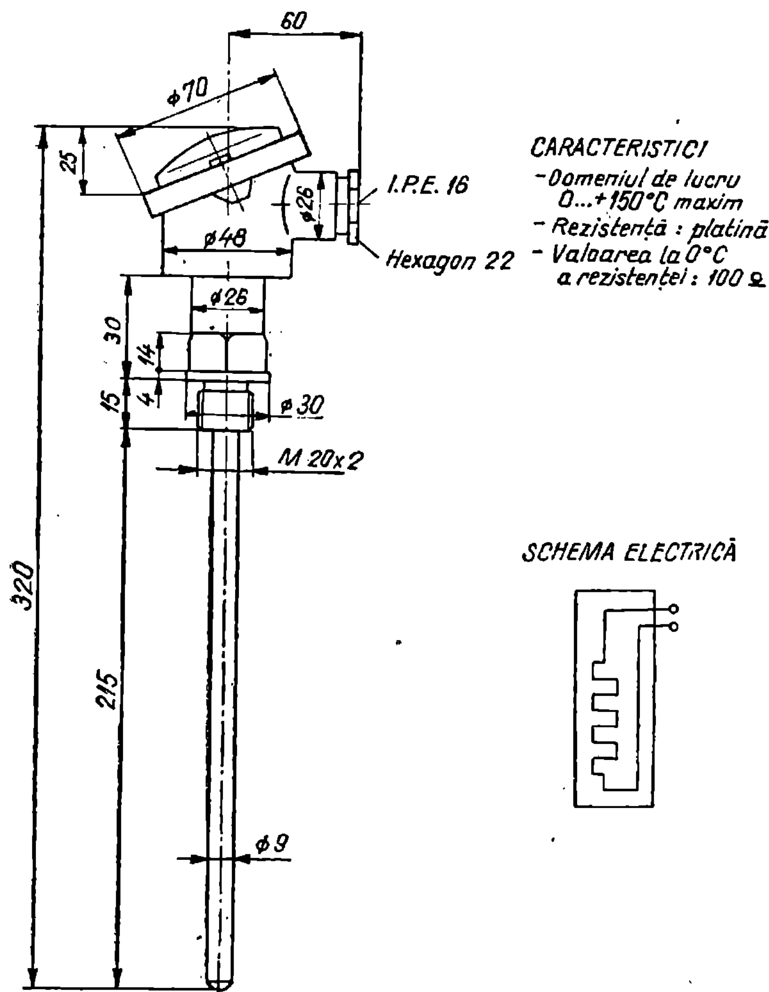


Fig. 3.1.13. Termometru cu rezistenţă pentru măsurarea temperaturii uleiului.

Se montează numai la transformatoarele și autotransformatoarele de putere mare și tensiune de 400 kV. Aparatul se montează pe capacul transformatorului astfel încît sonda termică să preia temperatura maximă a uleiului.

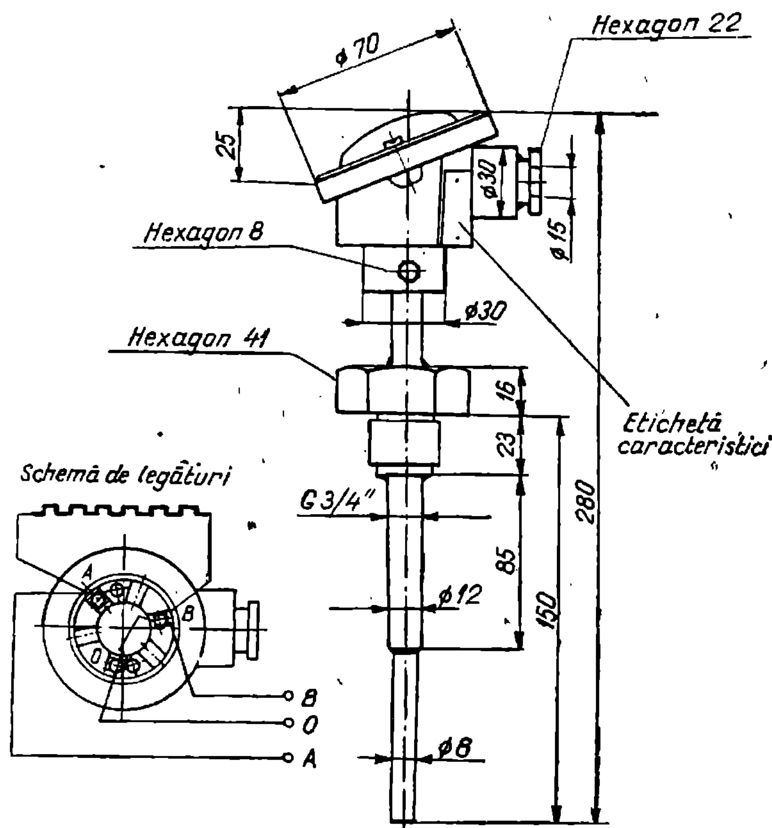


Fig. 3.1.14. Termorezistență, parte componentă a termocopiei.

Domeniul de reglaj este cuprins între 50°C și 125°C. La asigurarea temperaturii pentru care a fost reglat, o lamelă bimetalică în formă de ac foarte subțire deblochează clichetul întrerupătorului, pretensionat cu ajutorul unui resort. Astfel se închide circuitul de semnalizare, care rămîne închis pînă se acționează butonul.

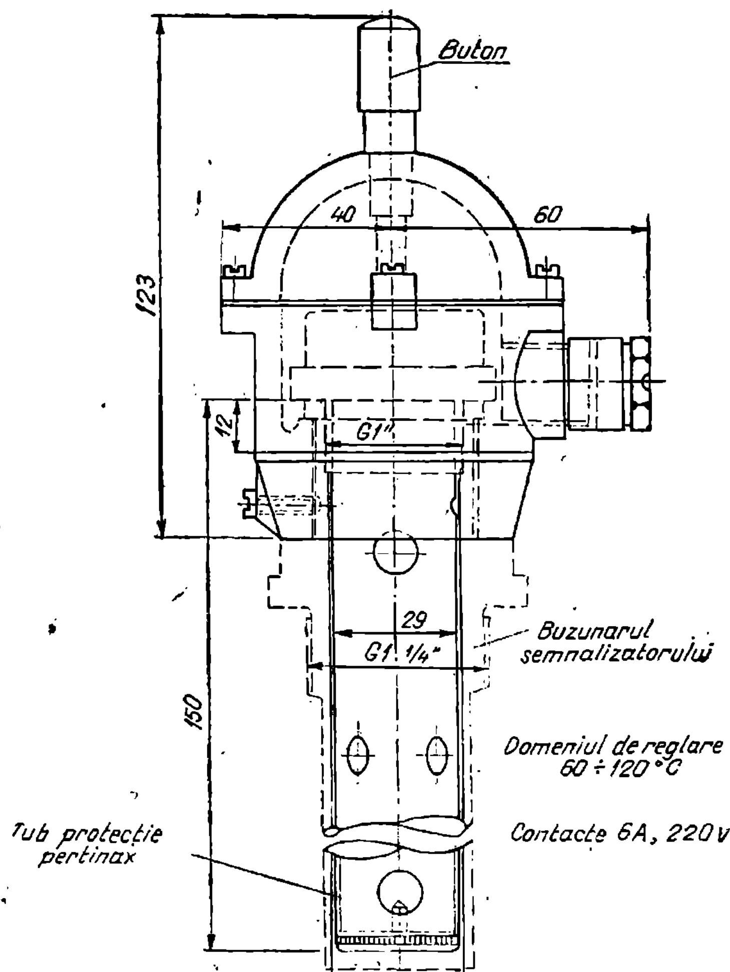


Fig. 3.1.15. Semnalizatorul de pericol.

Indicatorul de circulație pentru apă și ulei (fig. 3.1.16) constă dintr-o carcasă sub formă de tambur în care este montată o paletă fixată pe un ax.

Paleta se deplasează datorită curentului fluidului și după o rotație de 90° eliberează întreaga secțiune de trecere. Deplasarea paletei este

transmisă cu ajutorul magnetului din spațiul fluidului, contramagnetului amplasat separat în spațiul indicatorului și microîntreruptorului. Readucerea sistemului magnetic în poziția de repaus după întrerupe-

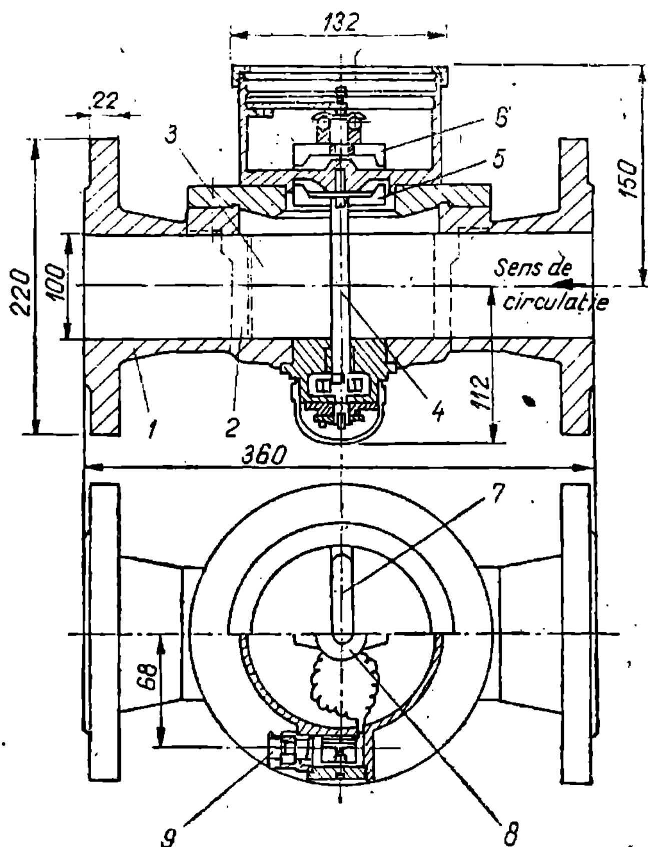


Fig. 3.1.16. Indicatorul de circulație pentru apă și ulei :
1 — carcasă ; 2 — piesă intermediară ; 3 — paletă ; 4 — ax ; 5 — magnet ; 6 — contramagnet ; 7 — spațiul indicatorului ; 8 — microîntreruptor ; 9 — cutie borne.

rea trecerii fluidului se realizează printr-un resort, reglabil din partea din spate a aparatului prin intermediul unui șurub.

Microîntreruptorul are contacte „normal deschis" și „normal închis", astfel încît orice indicație a aparatului poate fi transmisă în camera de comandă.

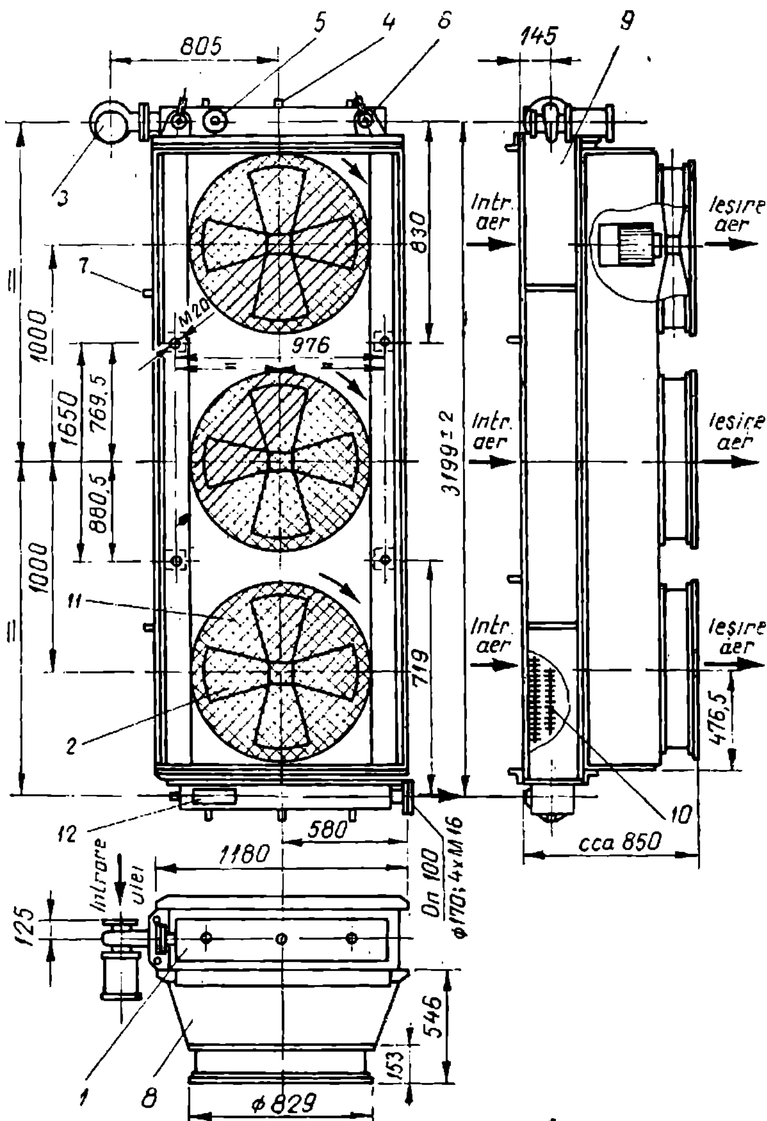


Fig. 3.1.17. Bateria de răcire :

1 — camera de distribuţie ; 2 — ventilator axial ; 3 — grup electropompă ; 4 — buşon aerisire ; 5 — racord manometru ; 6 — urechi ridicare poziţia verticală ; 7 — urechi ridicare poziţia orizontală ; 8 — capotă ; 9 — şasiu ; 10 — fascicul de ţevi ; 11 — plasă de protecţie ; 12 — cutie de borne.

Prin intermediul acestor indicatoare se racordează de exemplu bateriile de răcire (fig. 3.1.17), care asigură răcirea uleiului din transformatoare (autotransformatoare) prin circulația forțată a uleiului și suflajul de aer.

Indicatoarele de circulație a uleiului permit supravegherea și din camera de comandă a funcționării circulației de ulei din bateriile de răcire.

Bușonul de aerisire sau ventilul de aerisire (fig. 3.1.18) este utilizat la aerisirea cuvei, conservatorului etc. și este format dintr-un corp fix sudat pe peretele subansamblului, un corp mobil care, prin deșurubare parțială, permite înlăturarea etanșeității și evacuarea aerului prin orificiul transversal și bila de etanșare.

Aerisirea transformatorului se face cu scopul de a permite eliminarea aerului care se acumulează în zonele închise din unele subansamble ale transformatorului în cursul operației de umplere cu ulei.

Subansamblele din construcția transformatorului care se aerisesc sînt cuva, oalele și ștuțurile izolatoarelor de I.T. și J.T. de pe capac sau cuvă, izolatoarele de I.T. și J.T., comutatoarele de reglaj sub sarcină, radiatoarele de răcire, conservatorul cu membrană și cutiile de cablu ale izolatoarelor în ulei.

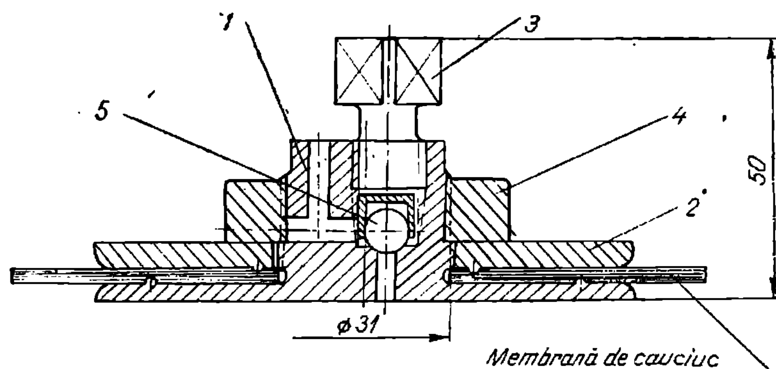


Fig. 3.1.18. Bușonul (ventilul de aerisire) :
1 — corp ventil ; 2 — șaibă ; 3 — bușon ; 4 — piuliță ; 5 — bilă.

Aerisirea transformatoarelor se face în două sisteme :

— manual, cu ajutorul bușoanelor de aserisire arătate în fig. 3.1.18, caracterizată prin faptul că se face pînă în momentul cînd în locul aerului începe să curgă ulei ;

— automat: cu ajutorul unor țevi racordate la racordul releului de gaze. Această aerisire se caracterizează prin faptul că permite aerului care are tendința de a se acumula în unele zone să fie condus prin țevi, chiar în timpul umplerii cu ulei sau în timpul funcționării, la racordul releului de gaze și de aici să ajungă în conservator sau la supapa de evacuare gaze (fig. 3.1.7).

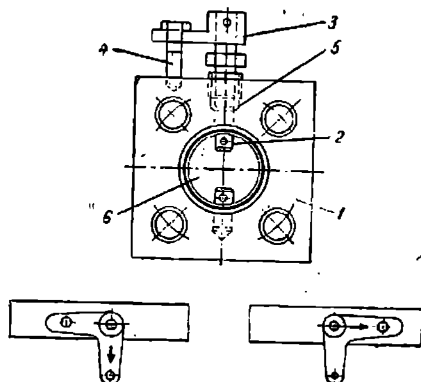


Fig. 3.1.19. Robinet cu clapetă (clapetă de închidere):
1 — corp clapetă; 2 — ax; 3 — mîner de acționare; 4 — șurub de blocare; 5 — garnitură de etanșare; 6 — obturator.

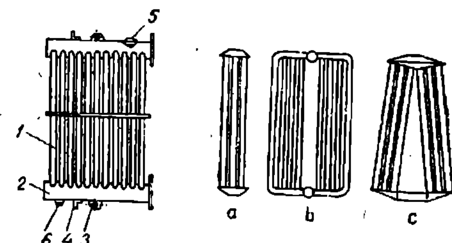


Fig. 3.1.20. Diverse tipuri de radiatoare:
a — radiator drept; b — radiator cu lire; c — radiator tip A.
1 — țeavă; 2 — colector; 3 — urechi de ridicare; 4 — cornier de consolidare; 5 — bucșe de aerisire; 6 — bușon de golire.

Robinetul cu clapetă are rolul de a închide sau deschide circuitul de ulei între cuvă și conservator sau între cuvă și bateriile de răcire.

Așa cum rezultă din fig. 3.1.19, robinetul cu clapetă se compune din corpul robinetului cu orificiul prin care circulă uleiul, clapeta de închidere a orificiului, axul de manevră care rotește clapeta și manivela de acționare cu șurubul special cu ajutorul căruia se blochează manivela într-o anumită poziție.

Robinetele cu clapetă se folosesc de asemenea pentru separarea radiatoarelor față de cuvă. Ele se montează pe fiecare ștuț sudat pe peretele cuvei și permit demontarea radiatoarelor fără a fi evacuat uleiul din cuvă.

În fig. 3.1.20 sînt reprezentate cîteva tipuri de radiatoare.

Circuitele auxiliare de pe transformator (autotransformator) sînt circuitele secundare de protecție, semnalizare și măsurare, cu care este expediat transformatorul din fabrică, și circuitele de comandă a insta-

lației de răcire. Aceste circuite sînt legate la unul sau mai multe cofrete, sînt realizate din conductoare de cupru flexibil, izolate în P.V.C., introduse în tuburi metalice și au o rezistență bună la acțiunea uleiului, intemperiilor și la loviri mecanice.

Aceste circuite sînt:

— circuitul releelor de protecție de gaze Buchholz și clapetă;
— circuitul nivel (minim și maxim) ulei în conservator;
— circuitul indicator control membrană elastică conservator;
— circuitul termometrului cu rezistență pentru ulei;
— circuitul termometrului cu rezistență pentru miez;
— circuitul termometrului cu cadran și contacte pentru semnalizare temperatură maximă ulei;
— circuitul semnalizatorului termic de pericol;
— circuitele indicatoarelor de circulație ulei;
— circuitele transformatoarelor de curent inclusiv cele din borne (pentru măsurare, protecție diferențială, termocopie);
— circuitele de comandă a instalației de răcire.

În funcție de putere, tensiunea nominală și dotarea transformatorului (autotransformatorului) cu instalațiile și echipamentele respective, unele circuite pot să lipsească.

La transformatoarele de 2,5—63 MVA cu circulație naturală a uleiului și suflaj de aer (NS), acționarea ventilatoarelor poate fi manuală sau automată, în funcție de temperatura uleiului. Temperatura la care trebuie conectată manual instalația de suflaj sau temperaturile la care intră automat în funcțiune treptele instalației de răcire sînt indicate și eventual semnalizate de termometrele cu cadran.

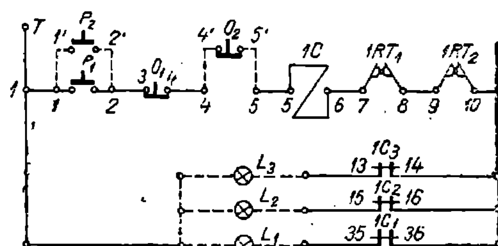


Fig. 3.1.21. Schema de comandă manuală a instalației de răcire: $1C_1$—$1C_3$ — contacte auxiliare ale contactorului de protecție; $1RT_1$—$1RT_2$ — relee de protecție cu bimetal; $1C$ — bobina de acționare a contactorului; P_1O_1—P_2O_2 — butoane de acționare la distanță; L_1—L_3 — lămpi de semnalizare.

Schema de comandă manuală (fig. 3.1.21) permite introducerea tuturor ventilatoarelor în funcțiune, de obicei în urma unui semnal de alarmă al temperaturii uleiului.

Schema automată în trei trepte permite punerea în funcțiune a treptelor numai începînd cu prima și nu invers, fig. 3.1.22.

Oprirea funcționării ventilatoarelor se face deodată pentru toate treptele.

La transformatoarele și autotransformatoarele de 200, 250, 400 MVA cu tensiunea superioară de 400 și 220 kV și la transformatoarele de 2,5—63 MVA cu tensiunea superioară 110 kV cu circulație forțată

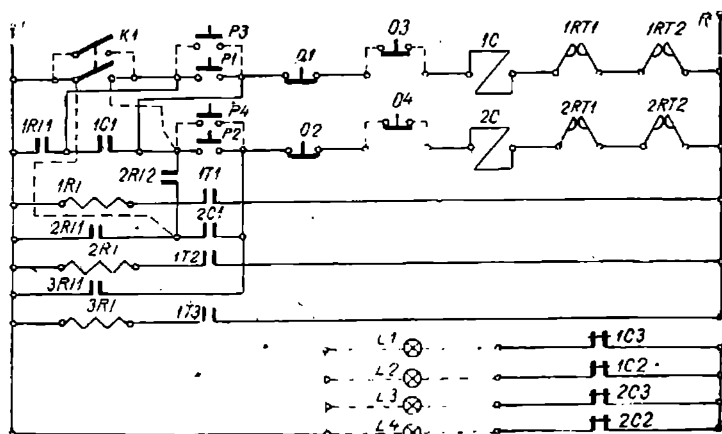


Fig. 3.1.22. Schema de comandă automată a instalației de răcire:

$1T_1$—$1T_2$ — contactele termometrului cu cadran; $1C_1$—$2C_1$ — contacte auxiliare de protecție ale contactorului; $1RT_1$—$2RT_1$ — relee de protecție cu bimetal; 1C—2C — bobine de acționare ale comutatoarelor; P_1O_1—P_4O_4 — butoane duble de acționare la distanță; K_1 — comutator; L_1—L_4 — lămpi de semnalizare; 1RI—3RI — bobinele releelor intermediare; $1RI_1$—$3RI_1$ — contactele releelor intermediare.

a uleiului și suflaj de aer, pornirea instalațiilor de răcire se poate face fie manual, fie automat, în una sau mai multe trepte.

Supapa de siguranță se montează de obicei într-un tub de expandare și are rolul de a permite evacuarea gazelor și uleiului în cazul unei eventuale suprapresiuni în interiorul transformatorului (scurtcircuite violente, explozii etc.).

De obicei, supapa de siguranță se montează pe capacul superior al cuvei, așa cum rezultă din fig. 3.1.23.

Comutatoarele de reglaj (ploturi) sînt dispozitive care asigură reglajul tensiunii atît pentru transformatoare, cît și pentru autotransformatoare fie în condițiile scoaterii unității de sub tensiune, fie cu unitatea în sarcină.

Comanda comutatorului poate fi locală, telecomandată sau automatizată, în funcție de unul sau mai mulți parametri ai energiei electrice din una din rețelele electrice la care este racordat transformatorul sau autotransformatorul.

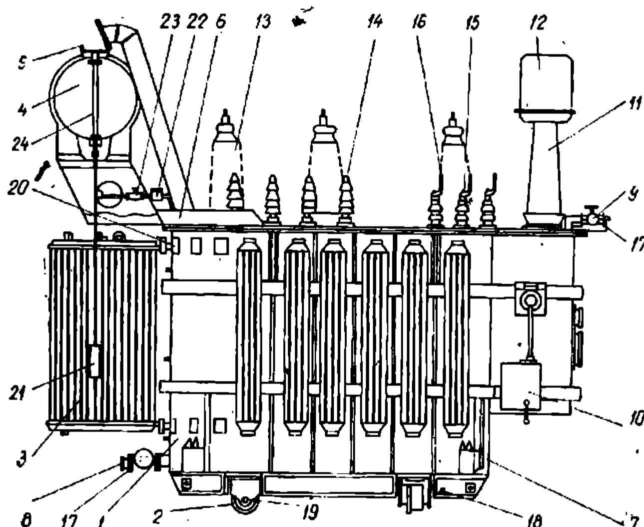


Fig. 3.1.23. Transformator de putere — vedere laterală:

1 — cuva transformator; 2 — roată de cărucior; 3 — radiator; 4 — conservator; 5 — supapă de siguranță; 6 — suport conservator; 7 — suport cric; 8 — robinet de golire; 9 — robinet de filtrare; 10 — dispozitiv de acționare; 11 — izolator nul; 12 — cutia cu conctactoare; 13 — izolator HT; 14 — izolator J.T.; 15 — izolator J.T.; 16 — fanion izolator J.T.; 17 — robinet de golire; 18 — bornă de punere la pămînt; 19 — gresor; 20 — robinet radiator; 21 — filtru de aer; 22 — releu Buchholz; 23 — robinet izolare conservator; 24 — nivel de ulei.

Pentru transformatoarele și autotransformatoarele pînă la 1 600 kVA inclusiv, domeniul de reglaj este de pînă la 15% din tensiunea nominală a înfășurării la care se prevede reglajul și tensiunea pe treapta de reglaj este de 5% din tensiunea nominală a înfășurării la care se aplică reglajul.

Pentru transformatoare și autotransformatoare mai mari de 1 600 kVA, domeniul de reglaj este de $\pm 16\%$ din tensiunea nominală a înfășurării la care se prevede reglajul, iar tensiunea pe treaptă este de 1,78% din tensiunea nominală în cazul reglajului sub sarcină și de 5% în cazul reglajului fără sarcină.

La transformatoarele cu *reglaj executat în absența tensiunii*, comutatorul cel mai folosit este de tip rotativ (fig. 3.1.24). Acționarea lui se face — cu ajutorul unui dispozitiv montat pe capac — fie de pe capac, fie de la sol cu o manivelă (dacă transformatorul a fost echipat în acest sens).

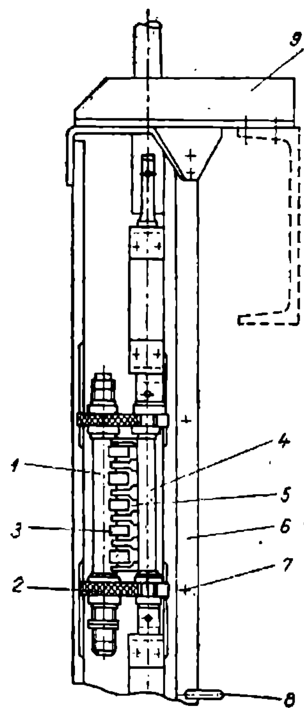


Fig. 3.1.24. Comutator de reglaj tip rotativ:
1 — contact fix (bornă); 2 — placă stator; 3 — contact mobil; 4 — axul casetei; 5 — resort; 6 — bară de legătură; 7 — șurub; 8 — știftul suportului; 9 — suportul comutatorului.

Pentru identificarea poziției pe care se găsește comutatorul la un moment dat, pe capacul dispozitivului de acționare sînt marcate pozițiile, în sensul orar. Numerotarea treptelor de reglaj se face de la 1 la n, cifra 1 corespunzînd celui mai mare număr de spire al înfășurării.

La transformatoarele cu *reglaj sub sarcină* sînt folosite comutatoare de la diferite firme, avînd în consecință unele diferențe între ele, însă neesențiale (exemplu: tip Jansen (R.D.G.) sau Kolarov (R.P.B.)). La transformatoarele și autotransformatoarele de 220—400 kV sînt folosite comutatoare tip Elin (Franța) sau Reinhausen (R.F.G.). Toate aceste comutatoare însă sînt de tip îngropat, cu reglaj pe nul și cu contactele de rupere într-o cuvă separată, fie inclusă în cuva transformatorului, fie montată pe izolatorul de nul.

Pentru modificarea raportului de transformare al transformatorului sub sarcină, trecerea de la o priză a înfășurării la alta se efectuează fără întreruperea curentului în rețeaua alimentată, ceea ce se obține prin legarea simultană între ele a două prize de reglare pe timpul cît se efectuează operația de comutare.

Dispozitivul de acționare a comutatorului, montat pe cuvă, permite acționarea manuală sau electrică, locală sau la distanță a acestuia. Dispozitivul este prevăzut cu indicator al poziției comutatorului și cu aparate de măsură și control, montate pe un panou, în camera de comandă. Dispozitivul se pretează și la introducerea reglării automate a tensiunii la barele de plecare pe care debitează transformatorul sau la capătul unei linii de consumator, prin folosirea

regulatorului de tensiune tip RATT-3, cu ajutorul căruia se controlează în permanență tensiunea barei la care este conectat și o menține în limitele dorite, comutînd în mod adecvat comutatorul de prize al transformatorului.

3.1.2. EXPLOATARE. PRINCIPALELE DEFECȚIUNI ȘI REMEDIEREA LOR

3.1.2.1. REGULI GENERALE DE EXPLOATARE A TRANSFORMATOARELOR (AUTOTRANSFORMATOARELOR)

Personalul de exploatare va respecta, în lipsa unor indicații speciale ale fabricii constructoare, următoarele reguli generale în funcționarea transformatoarelor și autransformatoarelor montate în stații și posturi de transformare:

a) Funcționarea de lungă durată a transformatorului (autotransformatorului), încărcat la puterea nominală, este asigurată pe toate prizele plus, iar pe cele minus pînă la priza de —5%, la celelalte prize minus curentul putînd avea valoarea egală cu al prizei de —5% și puterea scăzînd corespunzător micșorării tensiunii.

La transformatoarele fabricate începînd din 1981, pentru toate prizele condițiile de funcționare sînt aceleași ca și pentru priza principală.

b) La transformatoarele cu circulație naturală a uleiului și suflaj de aer (NS) se admite funcționarea de lungă durată la 60% din puterea nominală, în cazul absenței suflajului de aer pentru transformatoarele fabricate pînă în 1981.

Pentru transformatoarele fabricate începînd din 1981, funcționarea fără suflaj de aer se stabilește în cartea tehnică a transformatorului.

c) În cazul transformatoarelor cu circulație forțată a uleiului și răcire cu suflaj de aer sau cu apă (FS sau FA) se admite funcționarea transformatorului în cazul opririi pompelor sau a ventilatoarelor pe o durată de maximum 10 minute la plină sarcină sau o oră la mers în gol.

d) La transformatoarele fabricate pînă în 1981 funcționînd bloc cu generatorul se admite funcționarea de lungă durată la puterea nominală, la o tensiune ce nu depășește pe cea nominală cu mai mult de 10%.

Transformatoarele fabricate începînd din 1981 cu puteri peste 40 MVA, destinate a fi legate direct la bornele generatorului, rezistă timp de 5 s unei tensiuni egale cu de 1,4 ori tensiunea nominală la bornele transformatorului; cele cu puteri pînă la 40 MVA inclusiv rezistă la aplicarea timp de 4 min a unei tensiuni egale cu de 1,3 tensiunea nominală la bornele transformatorului.

e) Temperaturile de funcționare admise la transformatoarele cu ulei sînt: ulei maximum 100°C; înfășurări maximum 105°C; dacă temperatura aerului de răcire depășește 40°C cu pînă la 5°C, temperaturile maxime admise pentru ulei și înfășurări se reduc cu 5°C, iar dacă depășirea este cuprinsă între 5°C și 10°C, temperaturile admise pentru ulei și înfășurări se reduc la 10°C.

Pentru transformatoarele răcite cu apă, aceste prevederi se completează cu cele ale fabricii constructoare sau STAS 1703/2-80.

f) Nivelul uleiului în transformator, în funcție de temperatura mediului exterior, se supraveghează la sticla de nivel sau alt dispozitiv, pe care se indică nivelurile corespunzătoare unor temperaturi ale mediului exterior de: —35°C, +15°C, +35°C.

g) Abateri limită admise de la unele caracteristici electrice:

— raport de transformare în gol: ±0,5% din raportul de transformare garantat sau ±10% din tensiunea de scurtcircuit în procente, măsurate la curentul nominal;

— tensiuni de scurtcircuit: ±10% la transformatoare cu două înfășurări și ±15% la transformatoare cu trei înfășurări, numai pentru una din înfășurări și ±10% pentru celelalte. La transformatoarele cu 3 înfășurări fabricate începînd din 1981, abaterile limită admise pentru două din înfășurări se stabilesc în documente tehnice normative (norme tehnice de ramură, circulare tehnice etc.).

h) Conexiunile transformatoarelor și autotransformatoarelor sînt cele din STAS 1703/4-80;

i) Condițiile de funcționare în paralel a transformatoarelor sînt următoarele:

— transformatoarele să aibă aceleași tensiuni nominale primare și secundare;

— să aibă aceleași tensiuni de scurtcircuit, cu abateri în limitele de la pct. g;

— să aibă aceeași grupă de conexiuni sau grupe de conexiuni admise să funcționeze în paralel;

— să aibă raportul între puterea celui mai mare și a celui mai mic transformator, cu valoarea maximă 2.

În instalațiile existente, în cazul transformatoarelor fabricate înainte de 1972, raportul puterilor poate avea valoarea maximă 3.

j) La transformatoarele cu trei înfăşurări, funcţionarea este garantată atunci cînd condiţiile de funcţionare în paralel sînt îndeplinite pentru fiecare din perechile de înfăşurări în paralel şi dacă au puse în paralel toate înfăşurările sau au cîte o înfăşurare în gol (tensiunile nominale ale celor trei înfăşurări fiind identice).

k) Transformatoarele din grupele de conexiuni 11 pot funcţiona în paralel cu transformatoarele care aparţin grupei de conexiuni 5, dacă sînt satisfăcute celelalte condiţii de funcţionare în paralel şi dacă legarea bornelor celor două transformatoare este realizată după una dintre variantele din tabelul 3.1.4.

Tabelul 3.1.4

Legarea bornelor transformatoarelor din grupe de conexiuni diferite în vederea funcţionării în paralel

Varianta	Grupa de conexiuni	Tensiunea	
		înaltă	joasă
I	Dy 5 ; Yd 5 ; Yz 5	A B C	a b c
	Dy 11 ; Yd 11 ; Yz 11	A B C	c b a
II	Dy 5 ; Yd ; 5 Yz 5	A B C	a b c
	Dy 11 ; Yd 11 ; Yz 11	C B A	b a c
III	Dy 5 ; Yd 5 ; Yz 5	A B C	a b c
	Dy 11 ; Yd 11 ; Yz 11	B A C	a c b

l) Capacitatea de supraîncărcare a transformatoarelor în regim normal de funcţionare, în cazul în care fabrica constructoare nu face alte precizări, se dă în tabelul 3.1.5.

Tabelul 3.1.5

Capacitatea de supraîncărcare a transformatoarelor în regim normal de funcţionare

Sarcina anterioară de durată, % din sarcina nominală	Temperatura iniţială a uleiului în funcţie de modul de răcire [°C]		Durata admisibilă a suprasarcinii de:				
%	NL ; NS	FS ; FA	10% ore	20% ore	30% ore	40% min	50% min
50	55	49	3	1,5	60	30	15
75	68	60	2	1	30	15	8
90	75	65	1	0,5	15	8	4

În caz de avarii, cu riscul scurtării duratei de viață a transformatorului, se admite supraîncărcarea transformatoarelor în următoarea proporție (cu excepția transformatoarelor cu circulație forțată a uleiului) : 30% pe timp de 2 ore, 60% timp de 30 min, 75% timp de 15 min, 100% pe timp de 7,5 min, 140% timp de 3,5 min.

3.1.2.2. PRELUAREA ÎN EXPLOATARE A TRANSFORMATOARELOR (AUTOTRANSFORMATOARELOR)

● *La prelucrarea în exploatare* a transformatoarelor (autotransformatoarelor) personalul de exploatare are următoarele sarcini principale.

— Verificarea condițiilor generale, conform § 3.1.2.1 ;

— Asigurarea condițiilor normale pentru controlul releului de gaze ;

— Asigurarea condițiilor normale de ventilație a încăperilor transformatoarelor, pentru a permite funcționarea la sarcină nominală a acestora în orice anotimp al anului. Diferența dintre temperaturile de ieșire și de intrare ale aerului nu trebuie să depășească 15°C. Sistemul de ventilație mecanică trebuie să fie prevăzut cu semnalizarea ieșirii din funcțiune la punctul de supraveghere ;

— Se verifică dacă sistemul de ventilație a transformatorului este separat de celelalte sisteme de ventilație. Transformatoarele cu circulație forțată trebuie să fie prevăzute cu semnalizarea opririi circulației fluidului de răcire (aer sau apă) ;

— Asigurarea mijloacelor pentru urmărirea temperaturii uleiului în toate punctele indicate în prospectul transformatorului ;

— Transformatoarele cu puterea peste 10 MVA trebuie să fie prevăzute cu semnalizarea depășirii temperaturii maxime admisibile ;

— Verificarea existenței dispozitivelor pentru supravegherea uleiului în conservator și în izolatoarele de trecere și a existenței marcajelor necesare pentru efectuarea acestui control ;

— Dotarea transformatoarelor cu relee de protecție de gaze (Buchholtz) și de tip clapetă. Conductoarele electrice de legătură cu releul de gaze și cu termometrele trebuie să aibă izolație rezistentă la ulei ;

— Se verifică dacă prin construcție sau prin montaj s-a asigurat înclinația în sus a capacului, în direcția releului de gaze, cu 1 - 1,5%. Se verifică dacă este asigurată înclinarea în sus cu 2–4% a conductei de ulei la cuva transformatorului spre conservator :

— Verificarea existenței și a stării filtrului cu silicagel și a substanței silicagelului ;

— Verificarea existenței și a stării instalațiilor fixe și mobile de stins incendii ;

— Verificarea ușilor încăperilor transformatoarelor, care trebuie să fie rezistente la foc și să se deschidă în afară ;

— Verificarea marcajelor și instalațiilor specifice, și anume :

a) marcarea fazelor pe cuvele monofazate, în culorile standardizate ;

b) pe ușile încăperilor transformatoarelor și pe transformatoare se înscriu numărul transformatoarelor și destinația acestora. Pe ușile posturilor de transformare se trec denumirea și numărul postului respectiv ;

— Verificarea existenței aparaturii electrice pentru supravegherea funcționării transformatoarelor, a existenței în număr suficient a scalelor acestora, ținînd seama de suprasarcinile și supratensiunile admisibile, precum și a marcajului valorilor corespunzătoare condițiilor nominale ;

— Verificarea rigidizării antiseismice a transformatorului ;

— Verificarea reglării corespunzătoare a indicatorului termic de pericol, dacă transformatorul este prevăzut cu asemenea indicator ;

— Verificarea montajului corect și a bunei funcționări a bateriilor de răcire, dacă transformatorul are baterii de răcire. (Se verifică sensul de rotație al grupurilor motor-pompă și motor-ventilator. La transformatoarele cu sistem automat de pornire a grupului de răcire se va verifica și funcționarea corectă a automatizării) ;

— Verificarea demontării garniturilor oarbe la releele de gaze, a conductei spre filtrele de aer, deschiderii tuturor robinetelor de ulei, poziției corecte a robinetului de pe țeava ce leagă camerele conservatorului de cuvă etc. ;

— Verificarea tuturor probelor și încercărilor prevăzute la montajul, punerea în funcțiune și darea în exploatare a transformatoarelor prin normativele în vigoare PE 003 și PE 116 ale M.E.E.

● *Înainte de darea în exploatare* a transformatorului (autotransformatorului) se verifică :

— buna fixare a roților, pentru a împiedica deplasarea transformatorului și realizarea rigidizării antiseismice ;

— dacă cuva transformatorului nu are scurgeri de ulei și dacă este legată la priza de pămînt ;

— dacă comutatorul de prize funcționează corect pe toate pozițiile, se fixează comutatorul de prize pe plotul stabilit de organele de conducere a exploatării ;

— dacă releul de gaze este cu ulei ;

— dacă izolatoarele cu ulei sînt pline cu ulei ;

— dacă uleiul în conservator are nivelul corespunzător temperaturii mediului exterior, robinetul pentru releul de gaze fiind deschis ;

— dacă membrana elastică din conservator cu rolul de a separa uleiul de mediul ambiant este în bună stare ;

— dacă robinetul de pe conducta de ulei (la conservatoarele de ulei) este deschis ;

— dacă gura de expandare a gazelor are membrana în bună stare ;

— dacă toate aparatele sînt în stare de funcţionare ;

— dacă transformatorul are protecţia de cuvă (Chevalier), se verifică izolaţia faţă de şine ;

— se verifică dacă sînt îndepărtate toate instalaţiile de scurtcircuitare şi legare la pămînt ;

— se verifică dacă protecţiile sînt reglate la valorile stabilite prin planul de protecţie.

● *Punerea sub tensiune* a transformatoarelor (autotransformatoarelor) montate bloc cu generatoarele, după montaj sau după ieşirea dintr-o reparaţie capitală cu ocazia căreia s-au schimbat înfăşurările, se face prin ridicarea treptată a tensiunii, pe plotul corespunzător tensiunii celei mai ridicate, după care se vor face trei conectări şi deconectări ale transformatorului, la tensiunea nominală.

Punerea sub tensiune a tuturor transformatoarelor de 10 MVA şi mai mari se va face, pe cît posibil, în acelaşi mod ca mai sus, iar în cazul în care nu se poate, se va face direct la tensiunea nominală a transformatorului, indiferent de locul unde este instalat.

Transformatoarele cu puteri mai mici decît 10 MVA se pun sub tensiune prin conectarea directă la tensiunea nominală.

Transformatoarele cu reglaj sub sarcină a tensiunii se vor verifica cu ocazia probelor pe toate ploturile, controlîndu-se uniformitatea variaţiei raportului de transformare şi trecerea fără întrerupere de pe un plot pe altul (la aceste probe înfăşurarea alimentată fiind cea pe care nu este dispus reglajul de tensiune, iar celelalte înfăşurări vor fi în gol).

La comutarea ploturilor se vor respecta limitele impuse pe barele de tensiune date de dispecer. De asemenea, transformatoarele cu comutator de reglaj manevrabil fără tensiune se vor conecta înainte de punerea în funcţiune pe fiecare plot în parte.

La prima punere sub tensiune a unui transformator nou sau ieşit din reparaţie capitală, se vor lua măsuri speciale de îndepărtare a personalului din zona de amplasare a transformatorului şi de localizare a efectelor provocate de o eventuală explozie a cuvei acestuia.

● *La punerea în sarcină* a transformatorului (autotransformatorului) trebuie să se urmărească următoarele :

— dacă transformatorul se încarcă corespunzător ;

— dacă încălzirea uleiului este în limite normale;

— dacă se string gaze sau aer la releul de gaze, în cazul în care acesta există.

3.1.2.3. EXPLOATAREA TRANSFORMATOARELOR (AUTOTRANSFORMATOARELOR)

Exploatarea transformatoarelor și a autotransformatoarelor de putere se face în:

— instalații cu personal permanent în tură sau la domiciliu;

— instalații fără personal.

Deconectarea transformatoarelor echipate cu întreruptoare automate pe ambele părți se face, de regulă, mai întîi pe partea sarcinii și după aceea pe partea alimentării.

În cazul cînd întreruptorul este numai pe una din părți, se va deconecta întîi acesta.

La conectare operațiile se fac în ordine inversă.

Transformatoarele de rezervă trebuie să se pună în funcțiune în mod special cel puțin o dată pe lună, dacă în acea lună nu au fost puse sub tensiune.

Comutarea ploturilor se face în raport cu sistemul de comutare cu care este înzestrat transformatorul: fără tensiune, sub sarcină, manual sau automat; se va evita comutarea automată pe ploturile extreme.

Condițiile de lucru ale comutatorului de ploturi trebuie să fie specificate detaliat în instrucțiunile interne, luîndu-se în considerare prescripțiile fabricii constructoare.

Trebuie insistat asupra poziției corecte a schimbătorului de ploturi, pentru a se evita funcționarea în poziția între ploturi.

După funcționarea protecției de gaze, transformatorul se va pune în funcțiune numai după ce, pe lîngă celelalte verificări, s-a făcut și controlul vizual exterior al comutatorului de ploturi. Dacă temperatura uleiului în transformator este sub —10°C, este interzisă comutarea comutatorului de ploturi.

La comutatorul de ploturi se va urmări efectuarea lucrărilor de întreținere conform instrucțiunilor în vigoare.

La un transformator căruia i s-a filtrat sau înlocuit uleiul este necesar ca, după punere în funcțiune, să se controleze din două în două ore releul de gaze, pentru a se scoate aerul care se strînge. Se vor face verificări pentru a se constata dacă în releu există aer și nu gaze. Controlul încetează cînd se constată că în 24 ore nu a apărut aer.

La transformatoarele de peste 10 MVA și de la 110 kV (inclusiv) în sus se recomandă ca transformatorul conectat pe partea de înaltă tensiune, după probele de dare în exploatare, să fie lăsat în funcționare sub tensiune în gol timp de 24 ore, cu controlul asupra gazelor în releul Buchholz, asupra funcționării corecte a sistemului de răcire, valorii temperaturii, etanșeității cuvei, trecerilor izolate, zgomotului etc.

Înfășurările transformatoarelor cu izolație degresivă trebuie să funcționeze cu neutrul legat direct la pămînt sau cu neutrul protejat printr-un descărcător cu rezistență variabilă corespunzător, conform regimului de funcționare stabilit de treapta de conducere operativă.

Sarcina maximă de lungă durată a unui transformator, la o temperatură ambiantă de peste +35°C, este determinată de temperatura maximă a uleiului.

Pentru fiecare transformator, pe baza datelor fabricii constructoare și a celor precizate la § 3.1.2.1, trebuie stabilită sarcina maximă admisibilă în raport cu temperatura maximă din straturile superioare de ulei, prin marcare pe aparatele de măsurat și înregistrare în evidențele operative.

În lipsa instrucțiunilor fabricii constructoare, ventilația forțată va fi pusă în funcțiune la atingerea unei temperaturi de 55°C a uleiului în straturile superioare, precum și la depășirea curentului nominal, indiferent de temperatura uleiului.

Instalația de răcire la transformatoarele cu răcire forțată cu apă va fi ținută în funcțiune, indiferent de mărimea sarcinii cu care este încărcat transformatorul.

La punerea în funcțiune a sistemului de răcire cu apă a uleiului transformatoarelor, se pornește întîi pompa de ulei și apoi circuitul de apă.

La scoaterea din funcțiune a sistemului de mai sus se oprește întîi circuitul de apă și apoi cel de ulei.

Pompa de apă se pune în funcțiune cînd temperatura uleiului depășește +10°C.

Iarna, la scoaterea de sub tensiune a transformatoarelor care au răcirea uleiului cu apă, o dată cu scăderea temperaturii sub 10°C, apa trebuie evacuată din conductele principale.

În cazul funcționării cu supraîncărcare se va face o supraveghere continuă a indicațiilor aparatelor de măsurat.

La perioadele de timp stabilite, se vor controla transformatoarele de către personalul de exploatare, verificîndu-se următoarele:

— curentul primar și curentul secundar;

— tensiunea primară și tensiunea secundară;

— temperatura uleiului (buna funcționare a termocopiei, dacă transformatorul este prevăzut cu termocopie) ;
— semnalizările releelor de protecție, inclusiv ale releului de gaze ;
— etanșeitatea cuvei ;
— temperatura mediului ambiant la transformatoarele din încăperi ;
— nivelul și culoarea uleiului din transformator și izolatoarele de trecere ;
— starea izolatoarelor (murdărie, fisuri, conturnări) ;
— integritatea membranei tubului de expandare a gazelor ;
— starea aparatului pentru deshidratat aerul și starea substanței din aparat (ionosil sau silicagel) ;
— starea descărcătoarelor de supratensiuni ;
— starea membranei la conservator (indicatorul de control al stării membranei elastice) ;
— nivelul de apă din cuva de colectare a uleiului pentru transformatoarele instalate în exterior ;
— zgomotul transformatorului (dacă nu are zgomot anormal) ;
— legătura la priza de pămînt ;
— starea de funcționare normală a sistemului de răcire ;
— starea barelor și a cablurilor de legătură ;
— starea elementelor construcției (fundație, uși, geamuri, iluminare, ventilație, starea părții de construcție la posturile de transformare aeriene) ;
— temperatura mediului la transformatoarele montate în încăperi ;
— starea tuturor legăturilor electrice aferente transformatorului ;
— starea tuturor accesoriilor și a aparatelor indicatoare ;
— starea dispozitivelor de blocare antiseismică ;
— starea celulelor și a echipamentului din celule ;
— starea îngrădirilor și a inscripționărilor.

Verificările uleiului se vor efectua în conformitate cu cele indicate în subcap. 5.6.

Personalul de exploatare urmărește executarea în termen a tuturor probelor și verificărilor în exploatare, executarea la termen a lucrărilor de întreținere la transformatoare și la celulele și instalațiile aferente transformatoarelor, inclusiv realizarea reparațiilor în conformitate cu PE 016.

În cazul în care funcționarea în paralel a transformatoarelor are loc fără respectarea tuturor condițiilor de punere în paralel, dar pe baza unor instrucțiuni tehnice interne speciale, care stabilesc condițiile de

încărcare pentru fiecare transformator în parte, personalul de exploatare este obligat să respecte cu strictețe aceste instrucțiuni speciale de funcționare în paralel.

În exploatarea transformatoarelor electrice de la 5 MVA în sus funcționînd în paralel, se va aplica programul de funcționare stabilit pentru condițiile mersului economic, cu condiția existenței și a bunei funcționări a instalației de anclanșare automată a rezervei.

Personalul de exploatare înregistrează în evidențele operative de exploatare datele de funcționare a transformatoarelor și instalațiilor anexe.

În cursul exploatării se execută următoarele lucrări de întreținere curentă :

— înlocuiri de siguranțe la transformatoarele protejate prin siguranțe (înlocuirea se face cu transformatoarele deconectate de la rețea și cu instalațiile legate la pămînt) ;

— măsurători de sarcină și tensiune în conformitate cu reglementările în vigoare ;

— dacă sub transformatoarele montate în exterior, există un pat de piatră, afînarea și greblarea periodică a acestuia pentru a permite scurgerea și depistarea scurgerii uleiului ;

— verificarea fundațiilor și a îngrădirilor ; punerea la punct a dispozitivelor de închidere și încuiere ;

— completarea cu cerneală a aparatelor înregistratoare ;

— demontări și montări de aparate de măsurat aparținînd instalației transformatorului ;

— înlocuirea silicagelului.

Personalul de exploatare are sarcina de a menține starea de curățenie în stații și posturi de transformare, de a înlătura orice obstacol care ar împiedica accesul pentru verificarea instalațiilor, de a menține inscripțiile și marcajele și de a menține în stare de funcționare mijloacele de stins incendii.

3.1.2.4. PRINCIPALELE DEFECȚIUNI ȘI REMEDIERI ÎN EXPLOATARE

Orice funcționare anormală constatată (scurgeri de ulei, încălzire mare peste limitele admise, zgomot anormal etc.) trebuie anunțată imediat treptei operative cu autoritate de decizie, notîndu-se totodată cele constatate în registrul operativ.

Dacă temperatura uleiului crește, personalul de exploatare este obligat să cerceteze mai întîi cauzele creșterii temperaturii, luînd măsurile de remediere.

În acest scop se vor cerceta:

— încărcarea transformatorului și temperatura corespunzătoare acelei încărcări;

— indicațiile termometrelor și buna funcționare a acestora;

— funcționarea instalațiilor de răcire, starea bateriilor de răcire, funcționarea corectă și starea electroventilatoarelor.

În cazul semnalizărilor releului de gaze (Buchholtz) se va avea în vedere faptul că această semnalizare poate fi datorată următoarelor cauze:

— bule de aer în ulei, pătrunse în timpul filtrării sau prin neetanșeități la transformatorul cu circulație forțată a uleiului;

— lipsă de ulei, datorită schimbării condițiilor de temperatură a mediului exterior sau scurgerilor de ulei;

— defecțiuni mici în transformator, care produc arc electric de scurtă durată;

— debitarea transformatorului pe scurtcircuit, producînd astfel gaze prin încălzire bruscă;

— defecțiuni în circuitul electric al semnalizărilor releului de gaze;

— defecțiuni în circuitul magnetic;

— scurtcircuit în interiorul transformatorului.

În cazul în care releul de gaze semnalizează și apoi imediat declanșează se vor presupune următoarele:

— defecte în interiorul transformatorului, cu degajare intensă de gaze, în special cînd este însoțită și de scăderea tensiunii;

— scurgere importantă de ulei;

— cantitate mare de aer rămasă în ulei sub formă de bule la filtrarea uleiului;

— defectarea circuitelor electrice ale releului de gaze.

În cazul în care se produce declanșarea comandată de releul de gaze fără semnalizare prealabilă, se pot face următoarele presupuneri:

— defectarea circuitelor secundare ale releului de gaze;

— defect la semnalizare și apariția unui defect în transformator, similar cu cele descrise anterior.

În cazul semnalizării releului de gaze (Buchholtz) cercetarea inflamabilității gazelor se face prin prelevarea de gaze în truse de prelevare a probelor de gaze la transformatoare, supunerea lor la analiză chimică într-un laborator de specialitate, sau în lipsa acestei posibilități se prelevă gaz într-un balon de sticlă transparentă și se aprinde într-un loc lipsit de curenți de aer.

Pentru determinarea cauzei care a provocat acționarea releului se vor aprecia:

— cantitatea de gaze, aceasta indicînd amploarea și gravitatea defectului;

— culoarea gazelor; gazul incolor care nu arde este datorit aerului degajat din ulei;

— inflamabilitatea gazului; gazul care arde indică un defect interior în transformator.

Pentru transformatoarele sub 1 000 kVA din instalațiile fără personal permanent, montarea și punerea în funcțiune a releelor de gaze se lasă la aprecierea conducerii tehnice a întreprinderii, funcție de condițiile locale.

La deconectarea automată a transformatorului se va preoceda astfel:

— se verifică toate releele, stabilind ce protecție a lucrat și în ce condiții (timp de lucru);

— se cercetează eventualele cauze externe care ar fi putut produce declanșarea (scurtcircuite în rețea, supraîncărcarea transformatorului, curenți de circulație, defecte în instalații de protecție etc.);

— se cercetează dacă transformatorul nu are semne vizibile de avariere.

În cazul în care declanșarea se datorește unei cauze externe, transformatorul se poate pune sub tensiune.

În cazul în care nu s-a putut constata cauza declanșării, cu aprobarea conducătorului ierarhic superior, transformatorul poate fi pus în funcțiune dacă sînt îndeplinite simultan următoarele condiții:

— gazele nu sînt inflamabile;

— transformatorul și comutatorul nu prezintă semne vizibile de avariere;

— declanșarea a fost comandată numai de una din protecțiile contra defectelor interne.

Pentru diferite defecte care apar în exploatare, precum și în caz de incendiu, se va proceda conform celor indicate în tabelul 3.1.6.

Defecțiunile caracteristice în funcționarea transformatoarelor și modul de acționare recomandat personalului de exploatare

Nr. crt.	Defecțiunea constatată	Modul de acționare al personalului de exploatare
0	1	2
1	Încălzire anormală și creșterea temperaturii în condiții normale de răcire	Se va scoate de sub tensiune transformatorul în următoarele situații (dacă instalația de răcire și instalația de măsurare a temperaturii sînt în bună stare) ; — temperatura uleiului este cu 10°C mai mare decît temperatura admisă ; — temperatura crește rapid, cu toate că sarcina transformatorului nu variază ; — în afară de creșterea temperaturii apar și alte fenomene periculoase, zgomot, semnalizarea releului de gaze, oscilații ale acului ampermetrului etc.
2	Scurgeri de ulei	Se va scoate de sub tensiune transformatorul numai dacă uleiul a scăzut sub limita admisă
3	Împroșcarea cu ulei (jet de ulei) din conservator sau explozia diafragmei tubului de expandare a gazelor	Se scoate de sub tensiune transformatorul
4	Schimbarea zgomotului în transformator	Se va scoate de sub tensiune transformatorul în următoarele cazuri : — în interiorul cuvei se aude zgomot sub formă de gîlgîit, descărcări sau pocnituri — în afară de creșterea zgomotului se observă și creșterea temperaturii uleiului — oscilații la acul ampermetrului sau alte fenomene care indică pericolul defectării
5	Supraîncărcarea transformatorului peste sarcina admisă	— Punerea în funcțiune a transformatorului de rezervă — Deconectarea unei părți din consumatori, în ordinea stabilită prin instrucțiunea tehnică internă
6	Deficiențe la instalația de răcire	— Se repară instalația dacă acest lucru este posibil, cu transformatorul în funcțiune — Se pune în funcțiune transformatorul de rezervă sau se deconectează consumatorii — Se scoate de sub tensiune transformatorul dacă nu pot fi respectate condițiile admise prin măsurile de mai sus

0	1	2
7	Tensiunea prea mare sau prea mică	— Se va raporta la treapta operativă cu atribuţii de decizie, la comanda căreia se vor executa operaţiile de reglare a tensiunii ; în cazul reglajului automat se va anunţa şi unitatea PRAM care exploatează instalaţii de automatizare
8	Semnalizarea releului de gaze (Buchholtz)	— Se repune sub tensiune transformatorul de rezervă şi se deconectează transformatorul care a semnalizat prin releul de gaze dacă există transformator de rezervă — Dacă nu există transformator de rezervă se va deconecta transformatorul care a semnalizat numai în unul din următoarele cazuri : — se observă, în timpul semnalizării releului creşterea anormală a temperaturii, schimbarea zgomotului în transformator sau oscilaţii anormale ale sarcinii pe transformator ; — transformatorul se scoate de sub tensiune obligatoriu, în cazurile în care pentru controlul gazelor sub tensiune nu pot fi respectate N.P.M. — dacă la analiză gazele nu sînt inflamabile şi se stabileşte că semnalizarea nu se datoreşte unei cauze legate de calitatea uleiului, se determină prin analiză de laborator punctul de inflamabilitate al uleiului, şi dacă acest punct scade cu mai mult de 5°C, se scoate de sub tensiune transformatorul pentru revizie
9	Deconectarea automată (prin protecţie) a transformatorului	Transformatorul nu se repune sub tensiune decît după ce se stabileşte că defecţiunea nu este în interiorul transformatorului
10	Topirea de siguranţe fuzibile pe partea de înaltă tensiune	— Se scoate de sub tensiune transformatorul — Se cercetează cauza topirii siguranţelor şi se înlătură — Se înlocuiesc fuzibilele la siguranţele arse cu fuzibilele calibrate corespunzător — Se pune transformatorul sub tensiune numai dacă se constată că defectul nu este interior

Tabelul 3.1.6 (continuare)

0	1	2
11	Apariția de fisuri la izolatoare, descărcări electrice sau conturnări la izolatoare	— Se scoate de sub tensiune transformatorul dacă se observă fisuri sau străpungeri la izolatoare, precum și în cazul în care se observă emisiile de radiații luminoase la un singur izolator (efluvii) — În celelalte cazuri se comunică la dispecer
12	Defectarea circuitului de apă pentru răcirea uleiului	— Se încearcă remedierea defectului — Se admite funcționarea maximum 10 minute la plină sarcină sau o oră în gol — Se scoate de sub tensiune transformatorul pentru remedieri la depășirea condițiilor de mai sus
13	Defectarea pompei de circulație a uleiului	— Se pune în funcțiune pompa de rezervă — Se pune în funcțiune trafo de rezervă dacă nu există pompă de rezervă — În cazul cînd nu există pompă sau transformator de rezervă se scoate de sub tensiune transformatorul
14	Incendiu	— Se aduce transformatorul în starea separat vizibil — Se cheamă pompierii — Se deconectează toate instalațiile afectate de incendiu — Se acționează conform instrucțiunilor P.S.I. La transformatoarele prevăzute cu instalație automată de stins incendiu, se procedează conform I.T.I. existente la stație

3.1.3. ÎNTREȚINERE, ÎNCERCĂRI ȘI MĂSURĂTORI

În cadrul activității de exploatare-întreținere, în care se stabilesc lucrările care trebuie să readucă și să mențină instalațiile în starea tehnică prescrisă, pe lîngă lucrările din activitatea de exploatare și întreținere curentă, care au fost indicate în § 3.1.2, un rol deosebit îl au lucrările din activitatea de revizii și reparații (programate sau accidentale).

Aceste lucrări sînt :

Revizia tehnică (RT) a transformatoarelor (autotransformatoarelor). Cuprinde ansamblul de operații executate periodic pentru verificarea, curățirea, eliminarea unor defecțiuni, măsurători profilactice, înlo-

cuirea unor elemente, piese uzate sau subansambluri, avînd și scopul de a constata starea tehnică a instalațiilor înainte de executarea reparației planificate.

Revizia tehnică se execută la locul de amplasare a transformatorului (autotransformatorului), de către echipe specializate.

Conținutul orientativ al lucrărilor de revizii tehnice a transformatoarelor (autotransformatoarelor) este următorul:

— curățirea capacului, a cuvei și accesoriilor transformatorului;

— curățirea izolatoarelor;

— ungerea cu unsoare siliconică sau minerală a izolatoarelor dacă transformatoarele (autotransformatoarele) sînt montate în zone poluate);

— curățirea și strîngerea contactelor la toate bornele;

— completarea nivelului uleiului în conservator și izolatoare și revizia indicatoarelor de ulei;

— controlul și remedierea etanșeității îmbinărilor, funcționării și etanșeității robinetelor, bușoanelor și a clapetelor;

— demontarea, remontarea termometrelor cu contacte pentru verificarea metrologică;

— controlul, verificarea și remedierea instalațiilor auxiliare de răcire, inclusiv a pompelor de circulație a uleiului și a ventilatoarelor pentru suflajul aerului;

— verificarea funcționării instalației fixe de stins incendiu (dacă există) și a celorlalte mijloace P.S.I.;

— verificarea bunei funcționări a dispozitivului de acționare a comutatorului de ploturi;

— revizia izolatoarelor de trecere;

— revizia protecțiilor de gaze, de cuvă și de temperatură, precum și filtrului de aer cu silicagel sau ionosil, schimbarea sau recondiționarea materialului higroscopic;

— revizia D.R.V. montate pentru protecția izolatoarelor, înfășurărilor transformatorului (autotransformatorului) sau a neutrului;

— revizia separatorului monopolar al D.R.V. de pe nulul transformatorului;

— revizia fundației transformatorului (autotransformatorului);

— curățirea și evacuarea apei din bazinele colectoare de ulei;

— revizia panoului propriu al transformatorului (cofretului);

— recoltarea probelor de ulei;

— rectificări și corecturi de vopsire;

— încercări și măsurători profilatice, și anume: incercarea, măsurarea rezistenței de izolație a înfășurărilor R_{60} și a coeficientului de absorbție R_{60}/R_{15}; măsurarea tangentei unghiului de pierderi dielec-

trice ($tg\ \delta$) al izolației complexe a înfășurărilor; măsurarea $tg\ \delta$ și a capacităților izolatoarelor de trecere cu ulei pentru $U_n \geqslant 220$ kV; măsurarea rezistenței ohmice a înfășurărilor; verificarea comutatorului de reglaj al tensiunii în sarcină; verificarea traductoarelor de temperatură (termometre, termorezistențe, termocuple, semnalizator de pericol), de nivel ulei, de presiune ulei, presiune apă, releu de gaze, a circuitelor (cablajelor) acestora; verificarea instalațiilor auxiliare (baterii de răcire cu sau fără automatizarea intrării în funcțiune); verificarea dulapurilor cu elementele de comandă, control, protecție a instalațiilor auxiliare de răcire etc., precum și a circuitelor (cablajelor) aferente, verificarea transformatoarelor de măsură a curentului incluse pe bornele izolatoarelor în transformatoare; verificarea protecției de cuvă (dacă există).

Costul lucrărilor de revizii tehnice la transformatoare și autotransformatoare nu trebuie să depășească 5% din valoarea de înlocuire a fondului fix respectiv.

Periodicitatea lucrărilor de revizii tehnice care se execută la transformatoarele și autotransformatoarele montate în stațiile electrice de transformare este de un an, inclusiv pentru transformatoarele de servicii interne. În mod excepțional pentru transformatoarele de servicii proprii din stațiile de transformare, periodicitatea lucrărilor de revizii tehnice poate fi modificată pînă la 3 ani în funcție de importanța stației de transformare.

Pentru transformatoarele și autotransformatoarele în ulei cu circulație naturală sau forțată, cu două sau trei înfășurări de M.T./J.T. sau M.T./M.T./J.T., periodicitatea lucrărilor de revizii tehnice este de 3 ani.

Prima revizie tehnică a transformatoarelor și autotransformatoarelor se execută, indiferent de ciclul de funcționare normat, la un an de la punerea în funcțiune.

Reparația curentă (RC) a transformatoarelor (autotransformatoarelor).

Cuprinde ansamblul de operații prin care se urmărește aducerea la parametrii proiectați a tuturor părților componente, remediindu-se toate defecțiunile constatate în timpul exploatării, pentru asigurarea funcționării în condiții de siguranță pînă la următoarea reparație capitală.

Conținutul orientativ al lucrărilor de reparații curente a transformatoarelor și autotransformatoarelor este următorul:

— lucrările prevăzute la revizia tehnică;

— controlul prezenței depunerilor în cuvă și în conservator și recoltarea probelor de ulei;

— filtrarea uleiului în cazul decuvării;

— revizia comutatorului de reglaj sub sarcină;

— înlocuirea pieselor defecte fără demontarea ansamblurilor respective ;

— demontarea parțială sau totală a ansamblurilor sau subansamblurilor și remedierea sau înlocuirea lor cu altele noi sau reparate ;

— vopsirea ;

— încercările și măsurătorile profilactice indicate la lucrările de revizie tehnică și în plus : măsurarea rezistenței de izolație a jugului, buloanelor, bolțurilor, consolelor (schelei), verificarea stării contactelor, a presiunii pe contacte și a rezistenței ohmice a contactelor comutatorului de reglaj, verificarea grupei de conexiuni și a polarității, măsurarea raportului de transformare, măsurarea pierderilor și a curentului de mers în gol la tensiunea scăzută și la tensiunea nominală, măsurarea tensiunii de scurtcircuit și a pierderilor la sarcină nominală sau redusă, încercarea izolației cu tensiune mărită indusă trifazată de 50 Hz, verificarea continuității și măsurarea rezistenței legăturilor interioare (de punere la masă prin rezistențe) la cuvă, ale jugului și inelelor de presare ale circuitului magnetic, încercarea etanșeității la scurgeri de ulei, încercarea etanșeității la vacuum înainte de umplere sau completare cu ulei, verificarea înclinării conductelor de legătură între transformator și conservator și a capacului transformatorului, verificarea pantei conductelor de aerisire a oalelor izolatoarelor, verificarea pantei conductelor de aerisire a oalelor izolatoarelor și a camerei ruptorului de la comutatorul de reglaj în sarcină.

O parte din aceste încercări și măsurători se fac numai în cazul în care s-au făcut intervenții la înfășurări, la miezul magnetic, s-au modificat conexiunile, s-au demontat conducte etc.

Pentru transformatoare și autotransformatoare sînt prevăzute în normativ numai lucrări de reparații curente de gradul II. Valoarea acestor lucrări nu trebuie să depășească 15% din valoarea de înlocuire a transformatorului (autotransformatorului) respectiv.

Periodicitatea lucrărilor de reparații curente este de 6—10 ani la toate transformatoarele și autotransformatoarele din stații și posturi de transformare cu excepția celor în ulei cu circulație naturală, cu două înfășurări de MT/JT la care periodicitatea este de 8—12 ani.

Reparația capitală (RK) a transformatoarelor și autotransformatoarelor. Reprezintă complexul de lucrări prin care se asigură readucerea caracteristicilor tehnico-economice la parametrii proiectați. În cadrul reparațiilor capitale se efectuează înlocuirea totală sau parțială a unor elemente structurale deteriorate ca urmare a uzurii fizice și se execută modernizări menite să îmbunătățească starea tehnică a instalației sau să ridice calitatea parametrilor tehnico-funcționali.

Conținutul orientativ al lucrărilor de reparații capitale a transformatoarelor (autotransformatoarelor) este următorul:

— lucrările prevăzute la reparațiile curente;

— lucrări de reparații efectuate în scopul readucerii transformatorului sau a autotransformatorului cît mai aproape de caracteristicile inițiale, cu demontarea parțială sau totală a transformatorului, recondiționarea sau înlocuirea parțială sau totală a pieselor uzate, respectiv a unuia sau mai multor subansambluri componente;

— îmbunătățiri și modernizări;

— încercări și măsurători profilactice prevăzute la reparația curentă și în plus verificarea rigidității dielectrice cu tensiune sinusoidală mărită, la 50 Hz sau 150 Hz (aplicată sau indusă), după înlocuirea totală sau parțială a înfășurărilor sau a izolației principale și verificarea corespondenței fazelor în cazul în care au fost demontate sau înlocuite barele sau transformatorul.

Periodicitatea lucrărilor de reparații capitale a transformatoarelor și autotransformatoarelor de putere este de 15—20 ani, iar costul lucrărilor trebuie să se încadreze în 50% din valoarea de înlocuire.

3.2. TRANSFORMATOARE DE MĂSURĂ

În cadrul Sistemului Energetic Național, ordinul de mărime al valorilor curenților și tensiunilor este foarte variat, de la zeci de volți la sute de kilovolți pentru tensiuni și de la amperi la zeci de kiloamperi pentru curenți.

Pentru această gamă extinsă a tensiunilor și curenților, adaptarea aparatelor de măsurare a tensiunii, curentului, frecvenței, puterii, precum și ale aparatelor de protecție, reglaj și automatizare, nu este justificată din punct de vedere tehnic și economic. Din acest motiv aceste aparate se leagă în circuitele electrice în mod indirect, și anume prin intermediul transformatoarelor de tensiune și curent, denumite transformatoare de măsură. Transformatoarele de măsură sînt aparate electromagnetice statice, care transformă parametrii energiei electrice, tensiunea respectiv curentul, reducînd valoarea acestora de un număr de ori.

3.2.1. TRANSFORMATOARE DE CURENT. TIPURI CONSTRUCTIVE

Transformatoarele de măsură de curent (în cele ce urmează vor fi numite prescurtat transformatoare de curent) au rolul de a schimba, într-un raport dat, valoarea curentului care parcurge înfășurarea pri-

mară. În acest sens înfăşurarea primară se conectează în serie cu circuitul primar şi se compune dintr-un număr mic de spire (uneori este redus la una singură). Înfăşurarea secudară se compune dintr-un număr mai mare de spire, de secţiune corespunzătoare curenţilor care o străbat.

Principalele caracteristici tehnice ale transformatoarelor de curent sînt următoarele:

— *Curentul primar nominal* I_{1n} este curentul primar pentru care este determinat regimul nominal de funcţionare. Poate avea una din valorile: 5; 10; (12,5); 15; 20; (25); 30; 40; 50; (60); 75 A precum şi multiplii zecimali ai acestor valori.

— *Curentul secundar nominal* I_{2n} reprezintă curentul secundar pentru care este determinat regimul nominal de funcţionare şi poate avea una din valorile, 1 sau 5 A.

— *Tensiunea maximă de lucru* U_m reprezintă valoarea efectivă cea mai mare a tensiunii între faze la care transformatorul de curent poate funcţiona în regim de lungă durată în condiţii normale de exploatare.

— *Raportul de transformare nominal* K_n este raportul dintre curentul primar nominal şi curentul secundar nominal

$$K_n = \frac{I_{1n}}{I_{2n}}$$

Raportul de transformare nominal este înscris de fabrica constructoare pe plăcuţă indicatoare a transformatorului sub formă de fracţie: la numărător curentul primar nominal şi la numitor curentul secundar nominal.

— *Eroarea de curent (eroare de raport)* ε_i este eroarea pe care transformatorul de curent o introduce la măsurarea curentului şi care se datoreşte faptului că raportul de transformare real nu este egal cu raportul de transformare nominal. Este exprimată prin relaţia:

$$\varepsilon_i = \frac{K_n I_2 - I_1}{I_1} 100 \, [\%]$$

în care:

K_n este raportul de transformare nominal;

I_2 — curentul secundar corespunzător la I_1;

I_1 — curentul primar.

— *Eroarea de unghi* δ_i este unghiul de defazaj dintre vectorul curentului primar şi vectorul curentului secundar. Eroarea de unghi se consideră pozitivă atunci cînd vectorul curentului secundar este defazat înainte faţă de vectorul curentului primar. Este exprimată de regulă în minute,

— *Clasa de precizie* reprezintă notarea convențională a limitelor erorilor pe care transformatorul de curent trebuie să le respecte în condițiile date.

— *Sarcina secundară* Z_2 este impedanța circuitului secundar cu indicarea factorului de putere.

— *Sarcina secundară nominală* Z_{2n} este sarcina secundară pentru care sînt garantate condițiile de precizie și funcționare ale transformatorului de curent, Z_2 și Z_{2n} se exprimă în ohmi.

— *Puterea secundară nominală* S_{2n} este puterea absorbită de sarcina secundară nominală în regim nominal de funcționare și este dată de expresia :

$$S_{2n} = Z_{2n} I_n^2$$

Înfășurările secundare ale transformatoarelor de curent se execută pentru puterile nominale indicate în tabelul 3.2.1.

Tabelul 3.2.1

Puterile nominale ale secundarelor transformatoarelor de curent

Destinația înfășurării secundare	Clasa de precizie	Domeniul tensiunii nominale [kV]		
		0,38...0,5 [kV]	3...35 [kV]	60...220 [kV]
			Puterea [VA]	
Măsurare	0,2	1 ; 1,5 ; 2,5 ; 5	5 ; 10 ; 15 ; 20	15 ; (20) ; 30
	0,5	1,5 ; 2,5 ; 5 ; 10 ; 15	5 ; 10 ; 15 ; (20) ; 30	15 ; 30 ; (45) ; (50) ; 60
	1	2,5 ; 5 ; 10 ; 15	5 ; 10 ; 15 ; 30 ; (45) (50) ; 60	30 ; (45) ; (50) ; 60
Protecție	5P, 10P	15 ; 30	5 ; 10 ; 15 ; 30 ; (45) ; (50) ; 60	30 ÷ (45) ; (50) ; 60

— *Curentul primar nominal de saturație* I_{1sn} reprezintă valoarea maximă a curentului primar pentru care eroarea de curent a transformatorului la sarcină nominală și la cos $\varphi = 0,8$ este 5% sau 10%.

— *Curentul secundar nominal de saturație* I_{2sn} este curentul secundar corespunzător curentului primar nominal de saturație.

Se definește coeficientul de saturație n raportul $\frac{I_{1ns}}{I_{2ns}}$. Acesta, se înscrie pe plăcuța indicatoare a transformatorului de curent. Valorile standardizate ale coeficientului de saturație n sînt indicate în tabelul 3.2.2.

Tabelul 3.2.2

Valorile coeficientului de santurație n la transformatoarele de curent

Destinația înfășurării secundare	Domeniul tensiunilor nominale [kV]	
	0,5...35	60...220
Măsurare	$n < 10$ sau $n < 5$	$n < 10$ sau $n < 5$
Protecție	$n > 10$ sau $n > 5$	$n > 30$; $n > 15$; $n > 10$

— *Stabilitatea termică* definește capacitatea transformatorului de curent de a suporta acțiunea termică a curenților de scurtcircuit în decursul unui interval de timp. Se exprimă prin *curentul limită termic* I_t, reprezentînd curentul maxim garantat pentru care este asigurată stabilitatea termică de 1 secundă, înfășurările secundare fiind scurtcircuitate. Se exprimă în kA.

— *Stabilitatea dinamică* definește capacitatea transformatorului de curent de a rezista la acțiunea mecanică a curenților de scurtcircuit care trec prin înfășurările sale. Se exprimă prin *curentul limită dinamic* I_d, care este valoarea de vîrf a primei alternanțe a curentului primar de scurtcircuit pentru care se asigură stabilitatea dinamică, înfășurările secundare fiind scurtcircuitate. Se exprimă în kA_{max}. Valorile standardizate ale curenților limită termic și dinamic sînt indicate în tabelul 3.2.3.

Tabelul 3.2.3

Valorile admisibile ale curenților limită termici și dinamici la transformatoarele de curent

Domeniul tensiunilor nominale [kV]	Curenți limită	
	Termic I_t [kA]	Dinamic I_d [kA]
0,5	$61 \times I_{pn}$	$2{,}5 I_t$
3... 6	$80 \times I_{pn}$	
10... 35	$100 \times I_{pn}$	
60...220	$120 \times I_{pn}$	

În tabelul 3.2.4 sînt indicate erorile admisibile ale transformatoarelor de curent.

Erorile transformatoarelor de curent :
— pentru secundarele de măsură ; *b* — pentru secundarele de protecție

a

Clasa de precizie	Curentul primar, în % din curentul nominal	Erori tolerate		Limitele sarcinii secundare Z_s, în % față de cea nominală Z_{sn} la $\cos\varphi = 0{,}8$
		de curent ε_i [%]	de unghi (defazaj) [minute]	
0,1	120 ; 110 20 10	±0,1 ±0,2 ±0,25	±5 ±8 ±10	—
0,2	120 ; 100 20 10	±0,2 ±0,35 ±0,5	±10 ±15 ±20	—
0,5	120 ; 100 20 10	±0,5 ±0,75 ±1	±60 ±80 ±120	253..100
1	120 ; 100 20 10	±1 ±1,5 ±2	±60 ±80 ±120	—
3	120 ; 50	±3	—	50...100

b

Clasa de precizie	Eroarea de curent pentru curentul nominal [%]	Defazajul pentru curentul nominal [minute]
5P	±1	±60
10P	±3	—

Erorile de curent și unghi cresc cu cît curentul primar este mai mic raport cu curentul primar nominal ; astfel, la un curent primar de ...20% din curentul primar nominal erorile de curent sînt mai mari cît în cazul în care curentul primar ar fi egal sau mai mare decît % din curentul primar nominal. La o depășire a curentului primar minal de peste 20%, erorile cresc rapid datorită saturației circuitului agnetic al transformatorului.

Transformatorul de curent poate avea două regimuri de funcționare, și anume: regimul normal de funcționare și regimul de supracurent, cînd funcționează la suprasarcină sau cînd în rețea există un regim de avarie.

Precizia transformatorului de curent în funcționarea normală este determinată de *clasa de precizie*, iar în regim de supracurent este determinată de *coeficientul de saturație (n)* sau de caracteristica de supracurent.

Clasa de precizie pentru un transformator de curent este indicată prin acea cifră care corespunde erorilor maxime tolerate în condițiile stabilite. Conform STAS 4324, clasa de precizie a transformatorului de curent este indicată în concordanță cu eroarea de curent maximă tolerată ε_i — tabelul 3.2.4. Indicatorul clasei de precizie reprezintă chiar eroarea de curent admisă în condițiile nominale de funcționare.

Caracteristica de supracurent reprezintă relația dintre curentul secundar și curentul primar în regim de funcționare de supracurent. Această caracteristică, nelineară din cauza proprietăților de nelinearitate ale circuitului magnetic, este reprezentată grafic în fig. 3.2.1.

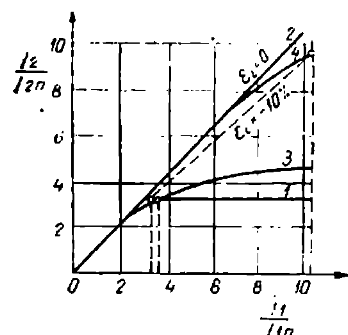


Fig. 3.2.1. Caracteristica de supracurent a transformatorului de curent:

1 — caracteristica ideală pentru măsurare; 2 — caracterstica ideală pentru protecție; 3 — caracteristica reală pentru măsurare; 4 — caracteristica reală pentru protecție.

În abscisă este reprezentat curentul primar ca multiplu al curentului primar nominal, iar în ordonată — curentul secundar ca multiplu al curentului secundar nominal.

Caracteristica ideală de supracurent a transformatorului de curent este situată pe dreapta $\varepsilon_i = 0$ (curba 2) pînă la un multiplu mic (3 ... 5) din valoarea curentului primar nominal și apoi pe linia I_2 = const. În acest fel aparatele de măsurat din secundarul transformatorului de curent sînt protejate împotriva efectelor dăunătoare ale supracurenților din rețea.

La secundarele pentru protecție ale transformatoarelor de curent, caracteristica de supracurent ar trebui situată pe linia $\varepsilon_i = 0$ pînă la valorile cele mai mari ale curentului primar pentru ca aparatele de protecție să acționeze sigur și la curenții cei mai mari de scurtcircuit.

În realitate, caracteristicile de supracurent sînt niște curbe care diferă de cele ideale, v. fig. 3.2.1.

Coeficientul de saturaţie, conform definiţiei date anterior, este de-
nit de raportul $n = \frac{I_{1ns}}{I_{1n}}$.

În fig. 3.2.1, coeficientul de saturaţie reprezintă intersecţia dintre
racteristicile de supracurent cu linia $\varepsilon_i = 10\%$ luată pe abscisă.

Transformatoarele de curent se clasifică după următoarele criterii:

a) după principiul constructiv:
- cu circuit magnetic închis;
- cu circuit magnetic deschis;
- cu circuit magnetic în aer.

b) după tensiunea de izolaţie:
5 (3); 6; 10; (15); 20; (25); 30; (35); (60); 110; 220; 400 kV;

c) după curentul primar nominal:
; 10; (12,5); 15; 20; (25); 30; 40; 50; 75 A şi multiplii zecimali ai
cestor valori;

d) după curentul secundar nominal: 1 şi 5 A;

e) după clasa de precizie la cele cu secundarul pentru măsură:
,1; 0,2; 0,5; 1; 3; 5;

f) după clasa de precizie la cele cu secundarul pentru protecţie:
P; 10P;

g) după puterea nominală: 1; (1,25) 1,5; 2,5; 5; 10; 15; (20);
); (45); (50); 60; 90 VA;

h) după locul de montaj: în instalaţii interioare şi exterioare;

i) după felul izolaţiei de bază: în porţelan, în răşină, în ulei;

j) după modul de montare: transformatoare de curent tip suport
transformatoare de curent tip trecere;

k) după construcţia înfăşurării primare: transformatoare de curent
ı înfăşurarea monospirală şi transformatoare de curent cu înfăşurarea
ıultispirală;

l) după posibilitatea de comutare a înfăşurării primare sau secun-
are:
- cu înfăşurarea primară sau secundară necomutabilă;
- cu înfăşurarea primară sau secundară comutabilă;
- în două sau mai multe trepte;

m) după numărul înfăşurărilor distincte: cu o înfăşurare cu două sau
.ai multe înfăşurări.

În ceea ce priveşte transformatoarele cu izolaţie de bază în ulei,
e pot fi:
- cu respiraţie liberă, cînd uleiul din cuva transformatorului sau
reasa izolantă este în contact direct cu aerul atmosferic;

— etanşe, cînd uleiul din cuva transformatorului sau carcasa izolantă nu este în contact direct cu aerul atmosferic, etanşeitatea fiind realizată cu un burduf sau o membrană din cauciuc care preia variaţiile de volum ale uleiului din interior ;

n) după tensiunea nominală de funcţionare ;
- — joasă tensiune
- — medie tensiune
- — înaltă tensiune.

Simbolizarea transformatoarelor de curent este arătată în fig. 3.2.2.

Transformatoare de curent de joasă tensiune. Aceste transformatoare sînt de tipul : CIS, CIT, CIRS, CIRT, CITi, CITu, CITo, CIBo – 0,5 kV, ale căror simboluri sînt prezentate în fig. 3.2.2.

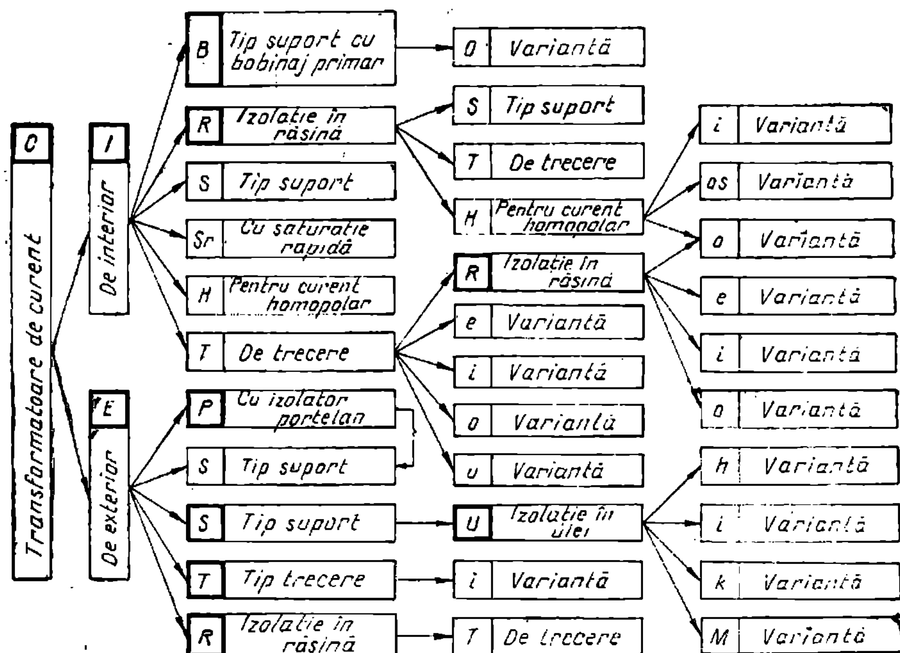


Fig. 3.2.2. Schema formării simbolurilor transformatoarelor de curent.

Literele mici au următoarea semnificaţie :

u — montaj direct pe cablu de forţă ;
o — montaj tip şaibă în circuitul primar cu bare rigide plate ;
i — montaj direct în circuitul primar cu bare dreptunghiulare.

Transformatoarele se compun din următoarele părţi principale: circuitul magnetic, înfăşurarea secundară, înfăşurarea primară la unele tipuri (CIS, CIRS, CIBo), carcasa electroizolantă.

Izolaţia acestor transformatoare este realizată din material plastic la tipurile CIS, CIT, CITu, CITo, CITi, CIBo sau din răşină electroizolantă turnată, la tipurile CIRS, CIRT.

Transformatoare de curent de medie tensiune. Aceste transformatoare pot fi cu izolaţie în răşină electroizolantă turnată sau în ulei.

Transformatoarele cu izolaţia în răşină electroizolantă sînt de tipul: CIRS, CIRTo, CIRTos, CIRTi — 10; 20; 35 kV şi CIRT — 10; 20 kV, ale căror simboluri sînt prezentate în fig. 3.2.2. Literele mici au următoarea semnificaţie:

o — monospiral cu bară de trecere rotundă şi flanşă mediană de fixare;

os — monospiral cu bară de trecere rotundă şi picior suport median;

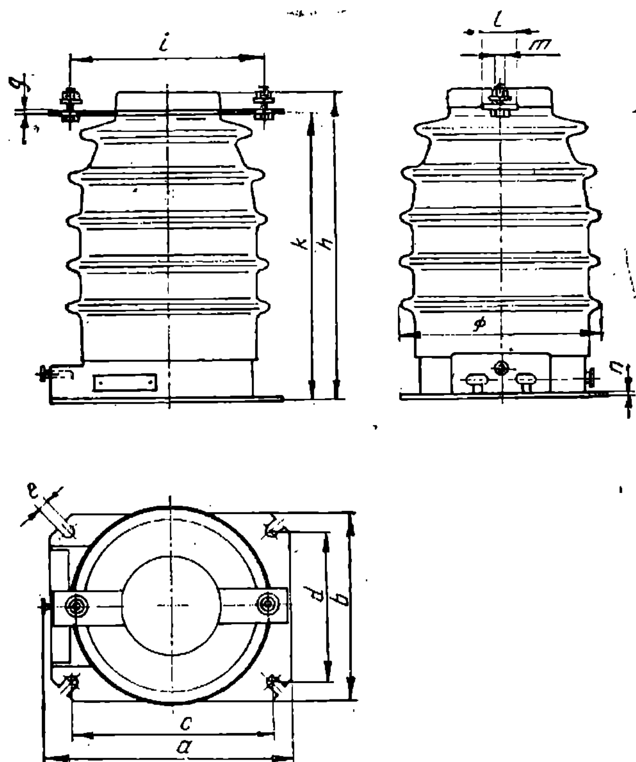
i — monospiral cu bară de trecere dreptunghiulară.

Transformatoarele se compun din cîte două înfăşurări secundare, fiecare pe cîte un miez magnetic, şi din înfăşurarea primară. Aceste transformatoare au izolaţia dintre înfăşurări precum şi cea dintre înfăşurări şi piesele legate la masă din răşină turnată.

Constructiv unele transformatoare de curent de joasă şi medie tensiune au înfăşurarea primară monospirală. La aceste tranformatoare conductorul înfăşurării primare trece o singură dată prin circuitul magnetic. Înfăşurarea primară poate fi o tijă care să fie o parte constructivă a transformatorului de curent, o bară a instalaţiei electrice sau partea conductoare de curent a unui izolator de trecere. Aceste transformatoare sînt constructiv simple, cu dimensiuni de gabarit şi greutate mică, avînd o bună stabilitate termică şi dinamică.

Alte transformatoare de curent de joasă şi medie tensiune au înfăşurarea primară multispirală. Aceste transformatoare au o precizie în măsurare mai mare, iar puterile lor secundare au o valoare însemnată. Din categoria acestor transformatoare, în fig. 3.2.3 este reprezentat transformatorul CIRS — 20 kV.

Transformatorul de curent de înaltă tensiune, tip CESU — 110 kV. Este un transformator cu izolaţie în ulei. Izolaţia de înaltă tensiune, formată din hîrtie electroizolantă, este uscată şi impregnată sub vid, apoi cufundată — împreună cu izolaţia de joasă tensiune — în ulei electroizolant. Înfăşurarea primară este comutabilă în raportul 1 : 2 pentru gama standardizată a curenţilor de 50...600 A, iar pentru curentul primar de 1 250 A înfăşurarea este necomutabilă.



Varianta	Dimensiuni [mm]													Greut [Kg]
	a	b	c	d	e	φ	g	h	i	k	l*	m*	n	
CIRS-10	266	196	220	160	13	204	5	255	200	225	40	12	5	14
CIRS-20	286	216	234	174	13	220	5	358	220	328	40	12	5	22
CIRS-35	314	244	256	195	16	258	5	445	220	415	40	12	5	36

*l = 50 mm la 2×400 A
*m = M 16 la 2×400 A

Fig. 3.2.3. Transformatoarele de curent tip CIRS 10 ; 20 ; 35 kV.

În fig. 3.2.4 este reprezentată o secțiune printr-un transformator de curent, cu înfășurarea multispirală în cuvă de porțelan, cazul transformatorului tip CESU.

Transformatorul se compune dintr-un izolator de porțelan *1*, care constituie și cuva transformatorului. Înfășurarea primară *2* împreună cu miezurile magnetice și înfășurările secundare *4* au forma cifrei opt.

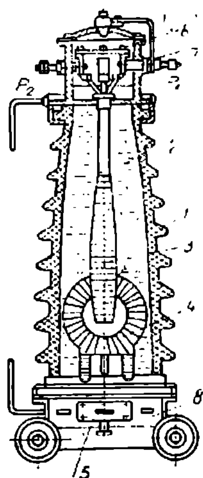


Fig. 3.2.4. Secțiune printr-un transformator de curent tip CESU-110 kV.

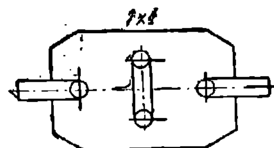


Fig. 3.2.5. Dispozitiv de comutare cu eclise a înfășurării primare la transformatoare de curent (conexiune serie).

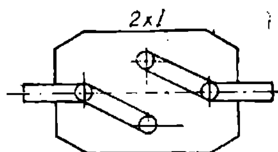


Fig. 3.2.6. Dispozitiv de comutare cu eclise (conexiune paralel).

Transformatorul este umplut cu ulei electroizolant *2*. Pe capacul metalic se află bornele primare P_1 și P_2 scoase în exteriorul transformatorului prin izolatoarele de trecere *7*, indicatorul nivelului uleiului. În interiorul corpului se găsește un dispozitiv de comutație *6* al înfășurării primare, care permite conectarea în serie sau în paralel a secțiunilor înfășurării primare. Dispozitivul de comutare este realizat prin plăcuțe (eclise) care fac legătura între bornele primare ca în fig. 3.2.5 și 3.2.6.

Bornele secundare se află amplasate într-o cutie *5* dispusă pe peretele lateral *8* al căruciorului. În fig. 3.2.7 este reprezentată o vedere a transformatorului tip CESU-110 kV.

Transformatoarele de curent pentru componentă homopolară. Sînt tramsformatoare cu izolație în rășini electroizolante. Se compun dintr-un miez magnetic pe care se află înfășurarea secundară. Aceste transformatoare sînt de tipul CIRHi, CIRHo, în care indicii i și o simbo-

lizează : varianta constructivă demontabilă, respectiv varianta constructivă nedemontabilă. Astfel, transformatorul CIRHi are miezul magnetic tăiat, iar cele două jumătăți se asamblează prin șuruburi. Datorită acestui

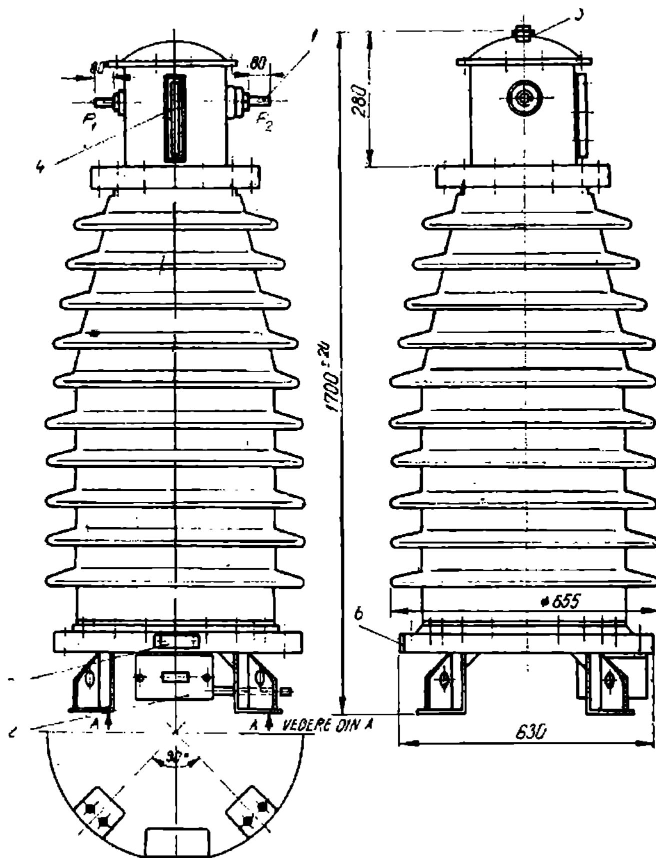
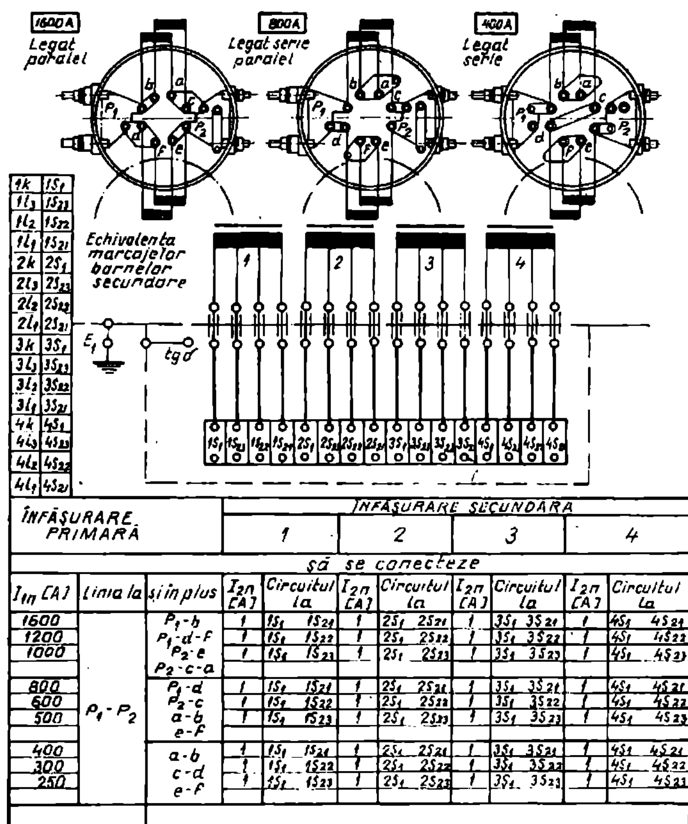


Fig. 3.2.7. Transformatorul de curent CESU-110 kV :
1 — bornele înfășurării primare ; 2 — cutia de borne secundare ; 3 — bușon de umplere ; 4 — vizor nivel de ulei ; 5 — etichetă ; 6 — soclu metalic.

fapt transformatorul se poate introduce pe cablurile trifazate după realizarea cutiei terminale.

Transformatoarele de curent de înaltă tensiune tip CESU k, h, i — 220—400 kV ; CESUM k, h, i - 400 kV. Transformatoarele se compun din următoarele părți principale: înfășurarea primară ; miezurile mag-

netice cu înfăşurările secundare ; izolatorul de înaltă tensiune din porţelan electrotehnic ; capul transformatorului, care cuprinde sistemul de comutare al înfăşurării primare şi camera elastică ; cuva sau soclul.

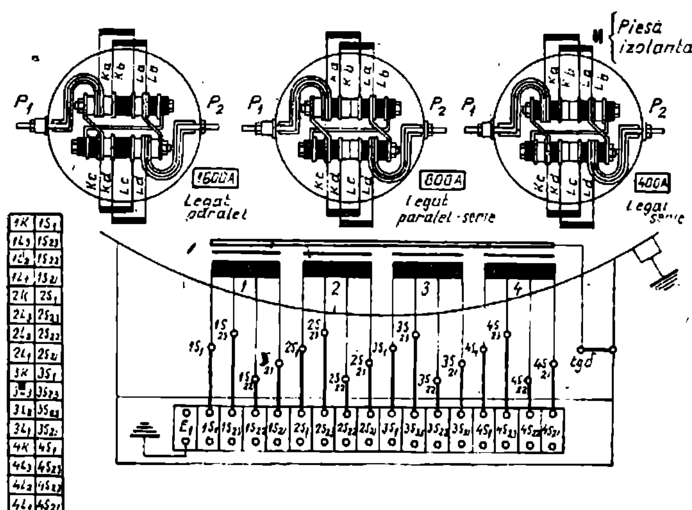


ÎNFĂŞURARE PRIMARĂ			ÎNFĂŞURARE SECUNDARĂ 1		2		3		4	
să se conecteze										
I_{1n} [A]	Linia la	şi în plus	I_{2n} [A]	Circuitul la	I_{2n} [A]	Circuitul la	I_{2n} [A]	Circuitul la	I_{2n} [A]	Circuitul la
1600	P_1-P_2	P_1-b	1	1S1 1S21	1	2S1 2S21	1	3S1 3S21	1	4S1 4S21
1200		P_1-d-F	1	1S1 1S22	1	2S1 2S22	1	3S1 3S22	1	4S1 4S22
1000		P_2-e	1	1S1 1S23	1	2S1 2S23	1	3S1 3S23	1	4S1 4S23
		P_2-c-a								
800		P_1-d	1	1S1 1S21	1	2S1 2S21	1	3S1 3S21	1	4S1 4S21
600		P_2-c	1	1S1 1S22	1	2S1 2S22	1	3S1 3S22	1	4S1 4S22
500		a-b	1	1S1 1S23	1	2S1 2S23	1	3S1 3S23	1	4S1 4S23
		e-F								
400		a-b	1	1S1 1S21	1	2S1 2S21	1	3S1 3S21	1	4S1 4S21
300		c-d	1	1S1 1S22	1	2S1 2S22	1	3S1 3S22	1	4S1 4S22
250		e-F	1	1S1 1S23	1	2S1 2S23	1	3S1 3S23	1	4S1 4S23

Fig. 3.2.8. Schema electrică de comutare la transformatorul tip CESU -220 kV.

Izolaţia înfăşurărilor este din hîrtie electroizolantă, uscată, impregnată sub vid, apoi cufundată în ulei electroizolant. Transformatorul asigură etanşeitatea faţă de aerul atmosferic. Variaţiile volumului de ulei datorită temperaturii sînt preluate de camera elastică din cauciuc. Aceste variaţii sînt observate prin vizorul dispus pe capacul transformatorului.

Înfăşurarea primară este comutabilă în raportul 1 : 2 şi 1 : 2 : 4. La aceste transformatoare înfăşurarea primară este împărţită în patru ramuri care se pot conecta în paralel, serie, serie-paralel. Concomitent



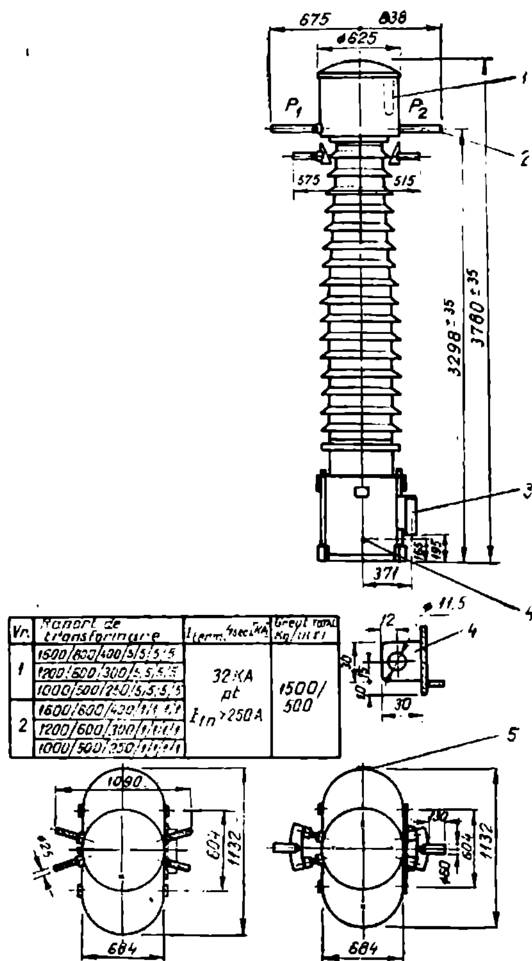
ÎNFĂŞURARE PRIMARĂ			ÎNFĂŞURARE SECUNDARĂ							
			1		2		3		4	
să se conecteze										
I_{1n} [A]	Linia la	şi în plus	I_{2n} [A]	Circuitul la	I_{2n} [A]	Circuitul la	I_{2n} [A]	Circuitul la	I_{2n} [A]	Circuitul la
1600	$P_1 - P_2$	Ka-Kb:La-Lb	1	$1S_1$ $1S_{21}$	1	$2S_1$ $2S_{21}$	1	$3S_1$ $3S_{21}$	1	$4S_1$ $4S_{21}$
1200		Ka-Kc:Lb-Ld	1	$1S_1$ $1S_{22}$	1	$2S_1$ $2S_{22}$	1	$3S_1$ $3S_{22}$	1	$4S_1$ $4S_{22}$
1000		Kc-Kd:Lc-Ld	1	$1S_1$ $1S_{23}$	1	$2S_1$ $2S_{23}$	1	$3S_1$ $3S_{23}$	1	$4S_1$ $4S_{23}$
800		Kb-La	1	$1S_1$ $1S_{21}$	1	$2S_1$ $2S_{21}$	1	$3S_1$ $3S_{21}$	1	$4S_1$ $4S_{21}$
600		Lb-Ld	1	$1S_1$ $1S_{22}$	1	$2S_1$ $2S_{22}$	1	$3S_1$ $3S_{22}$	1	$4S_1$ $4S_{22}$
500		Ka-Kc	1	$1S_1$ $1S_{23}$	1	$2S_1$ $2S_{23}$	1	$3S_1$ $3S_{23}$	1	$4S_1$ $4S_{23}$
		Kd-Lc								
400		Kb-La	1	$1S_1$ $1S_{21}$	1	$2S_1$ $2S_{21}$	1	$3S_1$	1	$4S_1$ $4S_{21}$
300		Lb-Kc	1	$1S_1$ $1S_{22}$	1	$2S_1$ $2S_{22}$	1	$3S_1$	1	$4S_1$ $4S_{22}$
250		Kd-Lc	1	$1S_1$ $1S_{23}$	1	$2S_1$ $2S_{23}$	1	$3S_1$	1	$4S_1$ $4S_{23}$

Fig. 3.2.9: Schema electrică de comutare la transformatorul tip CESU -400 kV.

cu legăturile la înfăşurarea primară, pentru obţinerea unui anumit raport de transformare se execută legături şi la înfăşurarea secundară. În fig. 3.2.8, 3.2.9 sînt reprezentate schemele electrice de comutare şi transformatoarele CESU k - 220 kV respectiv CESU k - 400 kV.

Transformatoarele CESU - k, h, i - 220 — 400 kV şi CESUM k, h, i - 400 kV se construiesc fiecare în cîte 16 variante. Transformatoarele

CESU k, CESUM k se construiesc suplimentar în patru variante. Variantele constructive ale acestor tipuri de transformatoare, notate cu k, h, i, sînt determinate în principal de curenții primari și secundari



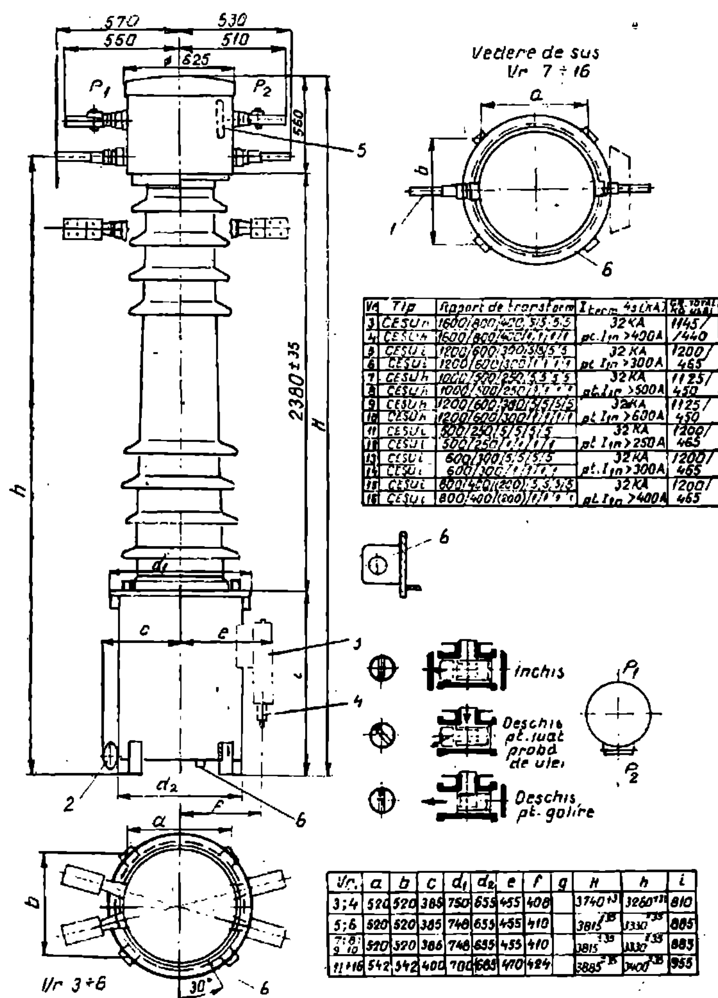
Vr.	Raport de transformare	$I_{term.}$ 1sec [KA]	Greut. total Kg/buc
1	1600/800/400/5/5/5/5	32 KA pt I_{1n} > 250 A	1500/500
	1200/600/300/5/5/5/5		
	1000/500/250/5/5/5/5		
2	1600/600/400/[illegible]		
	1200/600/300/[illegible]		
	1000/500/250/[illegible]		

Fig. 3.2.10. Transformatorul de curent tip CESUk-220 kV, variantele 1 și 2 :

1 — vizor nivel de ulei ; 2 — bornă primară ; 3 — cutie borne secundare; 4 — clemă legare la pămînt; 5 — bușon scurgere ulei.

nominali. M simbolizează varianta constructivă cu unele probe executate individual.

În fig. 3.2.10, 3.2.11, 3.2.12 sînt reprezentate transformatoarele CESUk-220 kV și CESU k-400 kV.



Vr.	Tip	Raport de transform.	I term 4s (kA)	Gr. total / kg ulei
3	CESU h	1600/800/400/5/5/5/5	32 KA	1145/
4	CESU h	1600/800/400/1/1/1/1	pt. I_{1n} > 400 A	/440
5	CESU i	1200/600/300/5/5/5/5	32 KA	1200/
6	CESU i	1200/600/300/1/1/1/1	pt. I_{1n} > 300 A	465
7	CESU h	1000/500/250/5/5/5/5	32 KA	1125/
8	CESU h	1000/500/250/1/1/1/1	pt. I_{1n} > 500 A	450
9	CESU h	1200/600/300/5/5/5/5	32 KA	1125/
10	CESU h	1200/600/300/1/1/1/1	pt. I_{1n} > 600 A	450
11	CESU i	500/250/5/5/5/5	32 KA	1200/
12	CESU i	500/250/1/1/1/1	pt. I_{1n} > 250 A	465
13	CESU i	600/300/5/5/5/5	32 KA	1200/
14	CESU i	600/300/1/1/1/1	pt. I_{1n} > 300 A	465
15	CESU i	800/400/(200)/5/5/5/5	32 KA	1200/
16	CESU i	800/400/(200)/1/1/1/1	pt. I_{1n} > 400 A	465

Vr.	a	b	c	d_1	d_2	e	f	g	H	h	i
3;4	520	520	385	750	655	455	408		$3740^{\pm 35}$	$3260^{\pm 35}$	810
5;6	520	520	385	748	655	455	410		$3815^{\pm 35}$	$3330^{\pm 35}$	885
7;8; 9;10	520	520	386	748	655	455	410		$3815^{\pm 35}$	$3330^{\pm 35}$	885
11÷16	542	542	400	700	665	470	424		$3885^{\pm 35}$	$3400^{\pm 35}$	955

Fig. 3.2.11. Transformatorul de curent tip CESU h, i-220 kV, variantele 3 ... 16:

1 — bornă primară ; 2 — bușon scurgere ulei ; 3 — cutie borne secundare ; 4 — cutie terminală ; 5 — vizor nivele ulei ; 6 — cleme legare la pămînt.

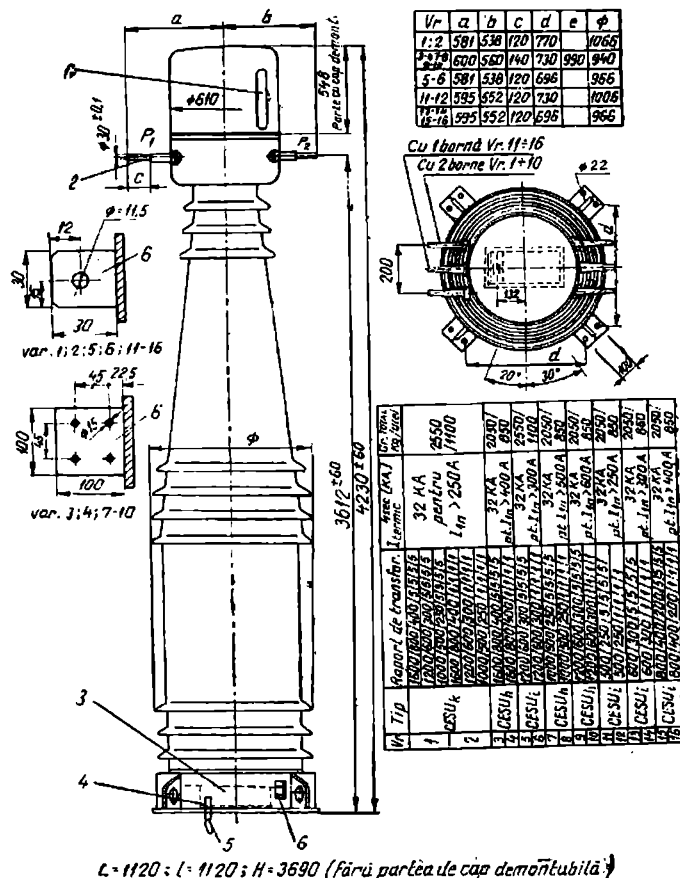


Fig. 3.2.12. Transformatorul de curent tip CESU k, h, i-400 kV variantele 1 . . . 16 :

1 — vizor nivel de ulei ; 2 — bornă primară ; 3 — cutie borne secundare ; 4 — bușon scurgere ulei ; 5 — cutie terminală ; 6 — clemă legare la pămînt.

În tabelul 3.2.5 sînt prezentate caracteristicile tehnice principale ale transformatoarelor de curent pentru sistemul energetic, fabricate în R.S.R.

Schemele de conexiuni ale transformatoarelor de curent. Pentru conectarea aparatelor de măsurat și protecție, înfășurările secundare ale transformatoarelor de curent se pot lega între ele în diferite moduri.

Tabelul 3.2.5

Caracteristicile tehnice principale ale transformatoarelor de curent fabricate în R.S.R.

Tipul	U_n [kV]	U_m [kV]	I_{1n} [A]	I_{2n} [A]	Clasa de precizie	S_n [VA]	n	I_t [kA]	I_d [kA_{max}]	U ţinere 50 Hz [kV]	Comutabilitate primară
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CIS-0,5			5..300		0,5	10	<5				
CIT-0,5			100...500		1	5	<10				
CIT-0,5			300		0,5	5	<5				
CIT-0,5			400 ; 500...700		0,5	10	<5				
CIT-0,5			1 000		0,5	15	<5				
CIT-0,5			1 250		0,5	15	<10				
CIT-0,5			1 500		0,5	15	<5	$60 \times I_{1n}$	$2,5 \times I_t$	3	1 : 1
CIT-0,5	0,5	0,6	2 000 ; 2 500 ; 3 000	5	0,5	30	<5				
CIRS-0,5			5...300		0,5	10	<5				
CIRT-0,5			100...250		1	5	<10				
CIRT-0,5			300...750		0,5	10	<5				
CIRT-0,5			1 000		0,5	15	<5				
CIRT-0,5			1 250		0,5	15	<10				
CIRT-0,5			1 500		0,5	15	<5				
CIRT-0,5			2 000 ; 2 500		0,5	30	<5				
CIRT-0,5			3 000		0,5	30	<10				
CITi-0,5			300...600		0,5	30	<10				
CITi-0,5			750... 1 500		0,5	15	<5				
CITi-0,5			800... 3 000		0,5	30	<5				

CITu-0,5			50		3	2,5	< 5				
CITu-0,5			60		3	5	< 5				
CITu-0,5			75 ... 125		1	2,5	< 5				
CITu-0,5			150 ... 250		1	5	< 5				
CITo-0,5			50 ; 60		3	5	< 5				
CITo-0,5			75 ; 80		1	5	< 5				
CITo-0,5			100		1	10	< 5				
CITo-0,5			125		0,5	5	< 10				
CITo-0,5			150		0,5	10	< 10	$60 \times I_{1n}$	$2,5 \times I_t$	3	1 : 1
CITo-0,5			200		0,5	10	< 5				
CITo-0,5	0,5	0,6	250 : 300	5	0,5	10	< 5				
CITo-0,5			400 ... 500		0,5	15	< 5				
CITo-0,5			200 ... 400		0,5	5	< 5				
CITo-0,5			500 ; 600		0,5	10	< 5				
CITo-0,5			100		3	2,5	< 5				
CITo-0,5			150 ; 200		1	2,5	< 5				
CITo-0,5			250 ... 600		1	5	< 5				
CIBO-0,5			5 ... 150		0,5	5	< 5				
CIRS-10			20		0,2/1	15/15	< 10/< 5				
CIRS-10			20		0,5/1	30/15	< 5/< 5				
CIRS-10			20		0,5/3(10P)	15/30	< 5/> 5				
CIRS-10			30		0,2/1	15/60	< 10/< 5				
CIRS-10			30		0,5/1	30/60	< 5/< 5				
CIRS-10			30		0,5/3(10P)	15/30	< 5/> 10				
CIRS-10	10	12	2 × 50		0,2/1	15/15	< 10/< 5				
CIRS-10			2 × 50		0,5/1	30/15	< 5/< 5				
CIRS-10			2 × 50		0,5/3(10P)	15/30	< 5/> 5				
CIRS-10			2 × 75		0,2/1	15/60	< 10/< 5	$100 \times I_{1n}$	$2,5 \times I_t$	28	1 : 2
CIRS-10			2 × 75	5	0,5/1	30/60	< 5/> 5				
CIRS-10			2 × 75		0,5/10P(1)	15/30	< 5/> 10				
CIRS-10			2 × 75		1/3	60/30	< 5/> 5				
CIRS-10			2 × 100		0,2/1	15/60	< 10/< 5				
CIRS-10			2 × 100		0,5/1	30/60	< 5/< 5				
CIRS-10			2 × 100		0,5/10P(1)	15/30	< 5/> 10				

Tabelul 3.2.5 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CIRS-10			2×100		1/3	60/30	< 5/>10				
CIRS-10			2×200		0,2/1	15/15	< 10/< 5				
CIRS-10			2×200		0,5/1	30/15	< 5/< 5				
CIRS-10			2×200		0,5/3(10P)	15/30	< 5/>5				
CIRS-10			2×300		0,5/1	30/60	< 5/< 5				
CIRS-10			2×300		0,5/10P(1)	15/30	< 5/>10		2,5× I_t		1 : 2
CIRS-10			2×300		1/3	60/80	< 5/>5				
CIRTos-10			400 ... 600		0,5/10P	15/30	< 5/>10				
CIRTo-10			750 ; 800		0,5/10P	15/30	< 5/>10				
CIRTo-10	10	12	1 000 ; 1 250		0,5/10P	30/30	< 5/>10		practic nelimitat		
CIRTi-10			1 500 ... 2 500		0,5/10P	30/30	< 5/>10	100× I_{1n}			
CIRTos-10			750 ... 800	5	0,5/10P	15/30	< /5>10			28	1 : 1
CIRTos-10			1 000 ... 1 250		0,5/10P	30/30	< 5/>10				
CIRTo-10			100 ... 600		0,5/10P	15/30	< 5/>10				
CIRTi-10			2 000 ... 6 000		0,5/10P	30/30	< 5/>10				
CIRTo-10			1 500		0,5/10P	30/30	< 5/>10				
CIRS-20			20	5	0,2/1	15/30	< 10/< 5	100× I_{1n}			
CIRS-20			20		0,5/1	30/3	< 5/< 5				
CIRS-20			20		0,5/3	15/30	< 5/>5				
CIRS-20			30		0,2/1	15/60	< 10/< 5				
CIRS-20			30		0,5/1	30/60	< 5/< 5				
CIRS-20			30		0,5/3(10P)	30/30	< 5/>10				
CIRS-20			2×50		0,2/1	15/30	< 10/< 5				
CIRS-20			2×50		0,5/1	30/30	< 5/< 5				
CIRS-20			2×50		0,5/3	15/30	< 5/>5		2,5× I_t ;	50	1 : 2
CIRS-20			2×75		0,2/1	15/60	< 10/< 5				
CIRS-20	20	24	2×75		0,5/1	30/60	< 5/< 5				
CIRS-20			2×75		0,5/10P	30/30	< 5/>10				
CIRS-20			2×75		1/3	60/60	< 5/>5				
CIRS-20			2×100		0,2/1	15/60	< 10/< 5				

CIRS-20			2 × 100		0,5/1	30/60	< 5/< 5				
CIRS-20			2 × 100		1/3	60/60	< 5/>5				
CIRS-20			2 × 200		0,2/1	15/30	< 10/>5				
CIRS-20			2 × 200		0,5/1	30/30	< 5/< 5				
CIRS-20			2 × 200		0,5/3	15/30	< 5/>5				
CIRS-20			2 × 300		0,2/1	15/60	< 10/< 5				
CIRS-20			2 × 300		0,5/1	30/60	< 5/< 5				
CIRS-20			2 × 300		0,5/10P	30/30	< 5/>10				
CIRS-20			2 × 300		1/3	60/60	< 5/>5				
CIRTos-20			400		0,5/10P	15/30	< 5/>10				
CIRTos-20			500		0,5/10P	15/30	< 5/>10				
CIRTos-20			600		0,5/10P	15/30	< 5/>10				
CIRTi-20			1 500 . . . 2 500		0,5/10P	30/30	< 5/>10				
CIRTo-20			400 . . . 600		0,5/10P	15/30	< 5/>10				
CIRTos-20	20	24	750 . . . 800	5	0,5/10P	15/30	< 5/>10	100 × I_{1n}	Practic nelimitat	50	1 : 1
CIRTos-20			1 000 ; 1 250		0,5/10P	30/30	< 5/>10				
CIRTi-20			2 000 . . . 3 000		0,5/10P	30/30	< 5/>10				
CIRTo-20			750 . . . 800		0,5/10P	15/30	< 5/>10				
CIRTo-20			1 000 . . . 1 250		0,5/10P	30/30	< 5/>10				
CIRTi-20			4 000 ; 5 000		0,5/10P	30/30	< 5/>10				
CIRS-35			20		0,2/1	15/30	< 10/< 5				
CIRS-35			20		0,5/1	30/30	< 10/< 5				
CIRS-35			20		0,5/3	15/30	< 10/>5				
CIRS-35			30		0,2/1	15/60	< 10/< 10				
CIRS-35			30		0,5/1	30/60	< 5/< 10				
CIRS-35			30		0,5/3	30/30	< 5/>10				
CIRS-35			2 × 50		0,2/1	15/30	< 10/< 5				
CIRS-35			2 × 50		0,5/1	30/30	< 10/< 5				

Tabelul 3.2.5 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CIRS-35			2×50		0,5/3	15/30	<10/>5				
CIRS-35			2×75		0,2/1	15/60	<10/<10				
CIRS-35	35	42	2×75	5	0,5/1	30/60	<5/<10	$100\times I_{1n}$	$2{,}5\times I_t$	80	1 : 2
CIRS-35			2×75		0,5/10P	30/30	<5/>10				
CIRS-35			2×75		1/3	60/60	<5/>5				
CIRS-35			2×100		0,2/1	15/60	<10/<10				
CIRS-35			2×100		0,5/1	30/60	<5/<10				
CIRS-35			2×100		0,5/10P	30/30	<5/>10				
CIRS-35			2×100		1/3	60/60	<5/>5				
CIRS-35			2×200		0,2/1	15/30	<10/<5				
CIRS-35			2×200		0,5/1	30/30	<10/<5				
CIRS-35			2×200		0,5/3	15/30	<10/>5				
CIRS-35			2×300		0,2/1	15/60	<10/<10				
CIRS-35			2×300		0,5/1	30/60	<5/<10				
CIRS-35			2×300		0,5/10P	30/30	<5/>10				
CIRS-35			2×300		1/3	60/60	<5/>5				
CIRTo-35			400…600		0,5/10P	15/30	<5/>10		Practic nelimitat		1 : 1
CIRTi-35			1 500… 2 500		0,5/10P	30/30	<5/>10				
CIRTo-35			750 ; 800		0,5/10P	15/30	<5/>10			80	
CIRTo-35			1 000 ; 1 250		0,5/10P	30/30	<5/>10				
CIRTos-35			750 ; 800		0,5/10P	15/30	<5/>10				
CIRTos-35	35	42	1 000 ;	5	0,5/10P	30/30	<5/>10	$100\times I_{1n}$			
CESU-110			1 250								
CESU-35			15…400 ; 750		0,5/10P	30/30	<5/>20		$2{,}5\times I_t$		
CESU-35			600 ; 1 000		0,5/10P	30/30	<10/>30				
			2×50		0,5/10P/1	30/30/60	<10/>20/>5				
CESU-110	110	123		5	0,5/10P/10P	30/30/30	<10/>20/>10	$120\times I_{1n}$	$2{,}5\times I_t$	230	1 : 2
			2×75		0,5/10P/1	30/30/60	<10/>20/>5				

CESU-110	110	123	2 × 75	5	0,5/10P/10P	30/30/30	<10/>20/>10	$120 \times I_{1n}$ dar max. 60	$2,5 \times I_t$ dar max. 85	230	1 : 2
			2 × 100		0,5/10P/1	30/30/60	<10/>20/>5				
					0,5/10P/10P	30/30/30	<10/>20/>10				
					0,5/10P/1	30/30/60	<10/>20/>5				
			2 × 150		0,5/10P/10P	30/30/30	<10/>20/>10				
			2 × 200		0,5/10P/1	30/30/60	<10/>20/>5				
					0,5/10P/10P	30/30/30	<10/>20/>10				
			2 × 300		0,5/10P/1	30/30/60	<10/>20/>5				
					0,5/10P/10P	30/30/30	<10/>/20/>10				
			1 250		0,5/10P/1	30/30/60	<10/>20/>5				1 : 1
					0,5/10P/10P	30/30/30	<10/>20/>10				
CESUk-220 varianta 1			1 600/800/ 1 400 ;	5							
CESUk-220 varianta 2			1 200/600/ 1 300 ; 1 000/500/ 1 250	1							
CESUh-220 varianta 3			1 600/800/ 1 400	5							
CESUh-220 varianta 4				1							
CESUi-220 varianta 5			1 200/600/ 1 300	5							1 : 2 : 4
CESUi-220 varianta 6				1							
CESUh-220 varianta 7			1000/500/ 1 250	5							
CESUh-220 varianta 8	220	245		1	0,5/1(10P)/ 5P(10P)/10P			64	85	460	

Tabelul 3.2.5 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CESUh-220 varianta 9			1 200/600/ /300	5		30/30/ /30(60)/30	$<5(<10)/>30/$ $/>30/>30$				
CESUh-220 varianta 10				1							
CESUi-220 varianta 11			500/200	5							
CESUi-220 varianta 12				1							1 : 2
CESUi-220 varianta 13			600/300	5							
CESUi-220 varianta 14				1							
CESUi-220 varianta 15			800/400 (200)	5							
CESUi-220 varianta 16				1							
CESU(M)k-400 varianta 1			1 600/800/ /400 ;	5							
CESU(M)k-400 varianta 2			1 200/600/ /300 ; 1 000/500/ /250	1							

CESU(M)h-400 varianta 3			1 600/800//400	5							
CESU(M)h-400 varianta 4				1							
CESU(M)i-400 varianta 5			1 200//600//300	5							
CESU(M)i-400 varianta 6				1							
CESU(M)h-400 varianta 7			1 000//500//250	5							1 : 2 : 4
CESU(M)h-400 varianta 8				1							
CESU(M)h-400 varianta 9			1 200//600/300	5							
CESU(M)h-400 varianta 10				1	0,5/1(10P)//5P(10P)/10P						
CESU(M)i-400 varianta 11	400	420	500/250	5			<5(10)/>30/	64	85	680	

Tabelul 3.2.5 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CESU(M)i-400 varianta 12	400	420		1		30/30/30/(60)/30	>30/>30				
CESU(M)i-400 varianta 13			600/300	5							1 : 2
CESU(M)i-400 varianta 14				1							
CESU(M)i-400 varianta 15			800/400 (200)	5							
CESU(M)i-400 varianta 16				1							
CESU(M)k-400 varianta 17			1 600/800//400 1 200/600/	5							1 : 2 : 4
CESU(M)k-400 varianta 18			1 300 : 1 000/500//250	1							
CESU(M)k-400 varianta 19			1 600/800//400 ;	5							
CESU(M)k-400 varianta 20			1 200/600//300 ; 1 000/500//250	1							

Deoarece multe aparate de măsurat și protecție sînt sensibile la valoarea amplitudinii curentului și la sensul, respectiv la defazajul vectorilor acestor mărimi, este necesar să se dea o atenție deosebită modului în care se execută conexiunile la transformatorul de curent. Din această cauză bornele transformatoarelor de curent sînt marcate după anumite reguli stabilite prin norme de fiecare țară.

La transformatoarele de curent de fabricație românească bornele înfășurării primare sînt marcate cu litere P_1 și P_2, iar bornele înfășurării secundare cu litere s_1 și s_2. În instalații se găsesc transformatoare de curent, marcate cu notații mai vechi: L_1 și L_2 sau L și K pentru bornele înfășurărilor primare respectiv l_1 și l_2 sau l și k pentru bornele înfășurărilor secundare. Indicele *1* este folosit pentru a indica, în mod convențional, începutul înfășurărilor, iar indicele 2 sfîrșitul înfășurărilor. În cazul transformatoarelor cu mai multe înfășurări, înaintea literelor s_1 (l_1, l) și s_2 (l_2, k) se înscriu cifrele 1 . . . 4 funcție de numărul înfășurărilor.

În schemele electrice transformatorul de curent se reprezintă simplificat ca în fig. 3.2.13, în care P_1, P_2 reprezintă înfășurările primare, iar $1s_1$, $1s_2$, . . . $4s_1$, $4s_2$ reprezintă înfășurările secundare.

În general se respectă următoarea regulă de legare în schemele electrice a transformatoarelor de curent (fig. 3.2.14): aparatul sau releul se leagă la bornele înfășurării secundare astfel încît sensul de curgere a curentului prin bobina aparatului sau releului să fie același ca în cazul cînd acesta ar fi legat direct la circuitul primar — cînd curentul circulă

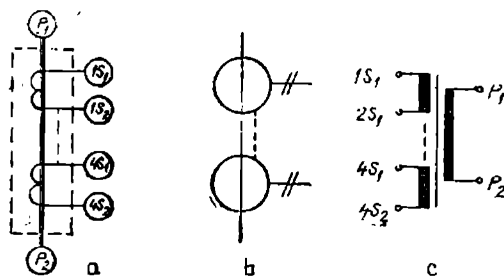


Fig. 3.2.13. Reprezentarea unui transformator de curent în schemele electrice :

a — schema detaliată ; *b* — schema simplificată ; *c* — simbolizare generală.

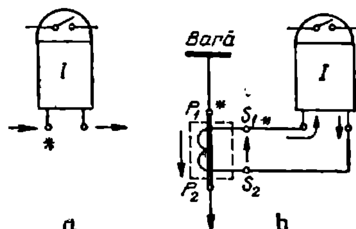
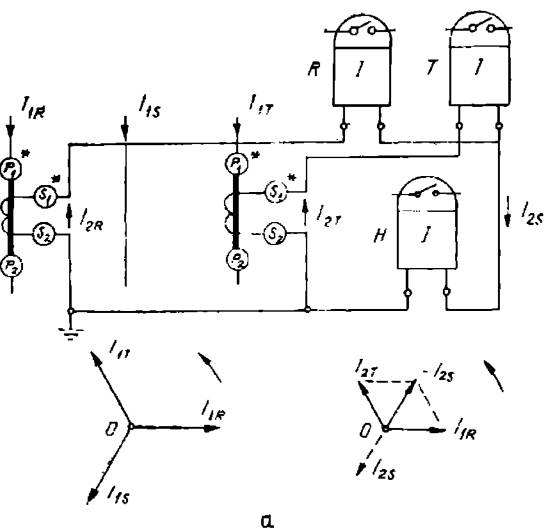


Fig. 3.2.14. Marcarea bornelor transformatoarelor de curent în schemele electrice :

a — legare directă ; *b* — legare prin transformator de curent.

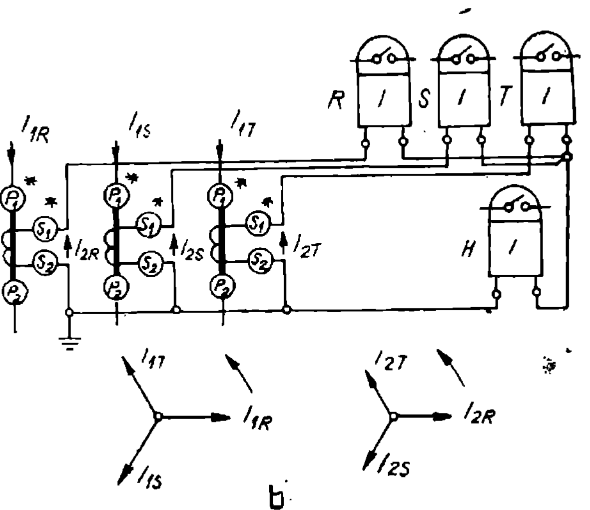
în înfășurarea primară de la borna P_1 la borna P_2, în înfășurarea secundară curentul circulă de la borna s_2 la borna s_1, adică în circuitul exterior legat la înfășurarea secundară, curentul circulă de la borna s_1 la borna s_2.

Schemele de legare ale transformatoarelor de curent sînt reprezentate în fig. 3.2.15.



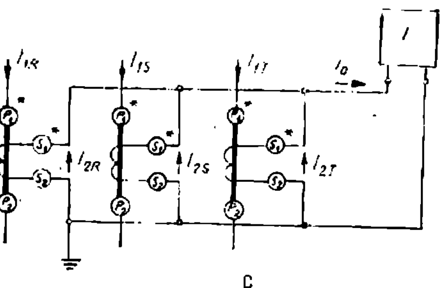
I_{1R}
I_{1S}
I_{1T}
R
T
H
P_1
P_2
S_1
S_2
I_{2R}
I_{2T}
I_{2S}
0
$-I_{2S}$

a

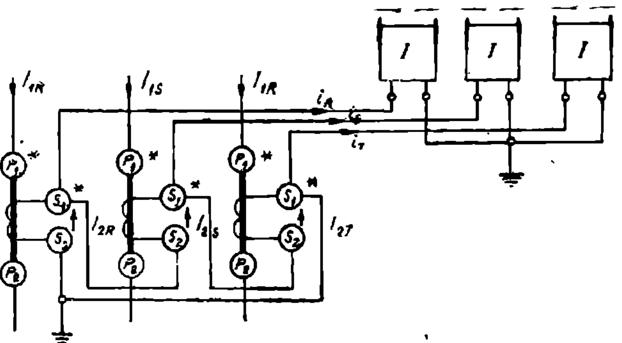


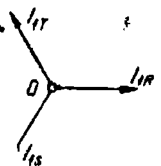
I_{1R}
I_{1S}
I_{1T}
R
S
T
H
P_1
P_2
S_1
S_2
I_{2R}
I_{2S}
I_{2T}

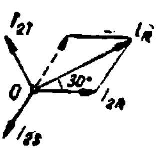
b



c

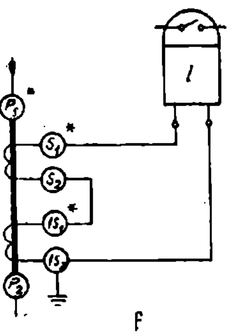




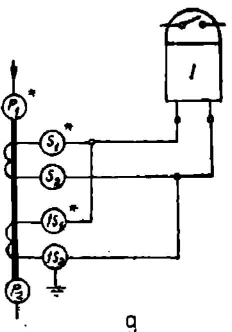




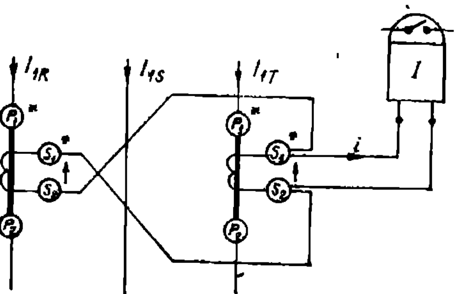
d

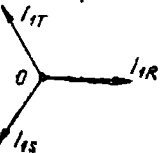


f



g





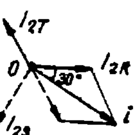


Fig. 3.2.15. Schemele de legare în instalații ale transformatoarelor de curent:

a — legarea a două transformatoare de curent în stea incompletă; *b* — legarea a trei transformatoare de curent în stea; *c* — legarea a trei transformatoare de curent pentru realizarea unui filtru de secvență homopolară; *d* — legarea transformatoarelor de curent în triunghi; *e* — legarea a două transformatoare de curent în opt; *f* — legarea în serie a transformatoarelor de curent; *g* — legarea în paralel a transformatoarelor de curent.

3.2.2. TRANSFORMATOARE DE TENSIUNE. TIPURI CONSTRUCTIVE

Transformatoarele de măsură de tensiune (în cele ce urmează vor fi numite prescurtat transformatoare de tensiune) au rolul de a schimba într-un raport dat valoarea tensiunii aplicate înfășurării primare. Înfășurarea primară a transformatoarelor de tensiune se conectează în paralel cu circuitul a cărei tensiune se transformă.

Din punct de vedere al schemei de conectare și din punct de vedere constructiv, transformatorul de tensiune este analog cu transformatorul de forță în regim de mers în gol, deosebirea constînd în valoarea puterii. În secundarul transformatorului de tensiune se conectează o sarcină de impedanță mare, avînd în consecință un curent secundar foarte redus.

Transformatorul de tensiune este un transformator de măsură la care tensiunea secundară, în condiții normale de funcționare, este practic proporțională cu tensiunea primară și defazată în raport cu aceasta cu un unghi apropiat de zero.

Parametrii caracteristici sînt următorii :

— *Tensiunea primară nominală* U_{1n} este valoarea tensiunii primare care figurează pe plăcuța indicatoare a transformtorului, la care sînt determinate condițiile de funcționare. Valorile standardizate conform STAS 4323 sînt următoarele, în kV : 0,380 ; 0,4 ; 0,5 ; 0,660 ; 3 ; 5 ; 6 ; 10 ; 15 ; 20 ; 25 ; 35 ; $60/\sqrt{3}$; $110/\sqrt{3}$; $220/\sqrt{3}$; $400/\sqrt{3}$.

Transformatoarele de tensiune se construiesc cu două feluri de înfășurări secundare :

- înfășurarea secundară (principală) de măsură este înfășurarea care alimentează circuitele de tensiune ale aparatelor de măsurat și protecție ;
- înfășurarea secundară (auxiliară) de protecție este înfășurarea care alimentează circuitele de protecție și semnalizare în cazul punerii la pămînt a unei faze.

— *Tensiunea secundară nominală* U_{2n} este valoarea tensiunii secundare înscrisă pe plăcuța indicatoare a transformatorului la care sînt determinate condițiile de funcționare. Valorile standardizate conform STAS 4323 sînt următoarele, în V : 100 sau $100/\sqrt{3}$ pentru înfășurarea secundară principală și 100/3 sau 100 pentru înfășurarea secundară auxiliară.

— *Tensiunea maximă de lucru* U_m este tensiunea cea mai mare (valoare eficace) între faze la care transformatorul de tensiune poate funcționa în regim de lungă durată în condiții normale de exploatare.

— *Raportul de transformare* este raportul dintre tensiunea primară și tensiunea secundară.

— *Raportul de transformare nominal* K_n este raportul dintre tensiunea nominală primară și tensiunea nominală secundară.

$$K_n = \frac{U_{1n}}{U_{2n}}.$$

Pe plăcuța indicatoare a transformatorului raportul de transformare nominal se scrie sub formă de fracție : la numărător — tensiunea nominală primară, iar la numitor — tensiunea nominală secundară.

— *Raportul la transformare efectiv* (real) K_e este raportul dintre tensiunea primară măsurată și tensiunea secundară corespunzătoare.

$$K_e = \frac{U_1}{U_2}$$

— *Eroarea de tensiune* ε_u este eroarea pe care transformatorul o introduce în măsurarea unei tensiuni și care provine din aceea că raportul de transformare efectiv nu este egal cu raportul de transformare nominal.

Eroarea de tensiune se exprimă în procente și este dată de formula :

$$\varepsilon_u = \frac{K_n(U_1 - U_2)}{U_1} 100 \quad [\%]$$

— *Eroarea de unghi* δ_u este unghiul de defazaj dintre fazorul tensiunii primare și fazorul tensiunii secundare, sensul acestuia fiind ales astfel încît acest unghi să fie nul pentru un transformator ideal ; eroarea de unghi este considerată pozitivă cînd fazorul tensiunii secundare este în avans față de fazorul tensiunii primare. Eroarea de unghi se exprimă cel mai des în minute.

Transformatoarele de tensiune, conform STAS 4323, satisfac limitele de erori, conform tabelului 3.2.6.

Tabelul 3.2.6

Erorile transformatoarelor de tensiune :

a — pentru secundarele de măsură ; *b* — pentru secundarele de protecție

a

Clasa de precizie	Tensiunea primară în % din U_{pn}	Erori de tensiune în % din U_{pn}	Defazaj [minute]
0,1	80...120	±0,1	± 5
0,2		±0,2	±10
0,5		±0,5	±20
1		±1	±40
3		±3	—

a

Clasa de precizie	Tensiunea primară în % din U_{pn}	Erori de tensiune în % din U_{pn}	Defazaj [minute]
3 P	5...100	3	120
6 P	5...150	6	240

— *Clasa de precizie* reprezintă notarea convențională a limitelor erorilor pe care transformatoarele de tensiune trebuie să le respecte în condițiile date și se exprimă în cifre, sau cifre urmate de litera P în cazul secundarelor de protecție ale transformatoarelor.

— *Factorul de putere* secundar cos φ este cosinusul unghiului dintre curentul și tensiunea secundară la bornele sarcinii conectate în secundarul transformatorului.

— *Factorul de putere nominal* cos φ_n este factorul de putere al sarcinii secundare pentru care sînt îndeplinite condițiile clasei de precizie.

— *Sarcina secundară* Y_2 este admitanța circuitului secundar, exprimată în siemens, cu indicarea factorului de putere (capacitiv sau inductiv).

— *Sarcina secundară nominală* Y_{2n} este sarcina secundară a înfășurării secundare de măsură pentru care sînt garantate condițiile de precizie și funcționare.

— *Puterea secundară nominală* S_{sn} este puterea aparentă, exprimată în VA, absorbită de sarcina secundară nominală în regim nominal de funcționare ; ea reprezintă raportul dintre pătratul tensiunii nominale secundare și impedanța secundară nominală.

— *Puterea secundară maximă* S_{max} este puterea aparentă, exprimată în VA, absorbită de sarcina avînd cos φ = 0,8 (inductiv) tensiunea primară avînd valoarea tensiunii maxime de lucru, încălzirea diferitelor părți ale transformatorului nedepășind limitele admisibile, iar eroarea de tensiune fiind maxim 10%.

La transformatoarele cu mai multe înfășurări secundare de măsurare, pentru puterea maximă se ia în considerație suma puterilor secundare. Pentru înfășurarea secundară de protecție nu se stabilește o putere maximă, astfel încît la calculul puterii secundare maxime nu se ia în considerație puterea acestei înfășurări.

Valorile nominale standardizate conform STAS 4323 ale puterii înfășurării de măsurare, la un factor de putere cos φ = 0,8 (inductiv) sînt următoarele, în VA : (5) ; (10) ; 15 ; 25 ; (30) ; 50 ; (60) ; 75 ; (90) ; 100 ; (120) ; 150 ; (180) ; 200 ; (240) ; (300) ; (400) ; (480) ; 500 ; 1 000.

Puterea secundară nominală a unui transformator trifazat este puterea secundară nominală pe fază. Puterea secundară nominală a transformatoarelor de tensiune în funcție de clasa de precizie și tensiunea nominală a rețelei, conform STAS 1323, este indicată în tabelul 3.2.7.

Tabelul 3.2.7

Puterile nominale ale secundarelor transformatoarelor de tensiune:
a — pentru secundarele de măsură; *b* — pentru secundarele de protecție

a

Clasa de precizie	Domeniul tensiunii nominale [kV]			
	0,38...0,5	3...6	10...35	60...400
	Puterea [VA]			
0,1—0,2	(5), 10	(5), 10, (15)	(15), 25, (30)	50, (60), (90) 100, (120)
0,5	(15), 25, (30)	25, (30), 50, (60)	50, (50), (90) 100 (120)	100, (120), 200 (240), (300)
1	(30), 50, (160)	50, (60). 100, (120)	100, (120), (180), 200	200, (240), (300) (400), 500
3	(60), (90), 100	(90), 100 : 200 : (240)	200, (240), (300), (400)	500, 1 000

b

Clasa de precizie	Domeniul tensiunii nominale [kV]	
	0,5...35	60...400
	Puterea [VA]	
3 P sau 6 P	30...60	60...120

Valorile din paranteză nu se mai folosesc la construcția de noi transformatoare.

Înfășurările auxiliare de protecție ale transformatoarelor de tensiune monofazate care urmează a se lega în triunghi deschis și ale transformatoarelor trifazate deja legate constructiv în triunghi deschis conform aceluiași STAS, se dimensionează la o putere corespunzătoare valorilor prezentate în același tabel.

În mod normal, cînd nu se specifică alte valori, puterea maximă este :

— de 8 ori puterea indicată la clasa 0,5 ;
— de 4 ori puterea indicată la clasa 1 ;
— de 2 ori puterea indicată la clasa 3.

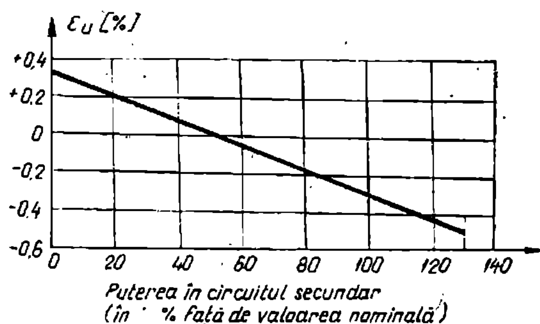


Fig. 3.2.16. Variația erorii de raport a transformatoarelor de tensiune funcție de sarcină.

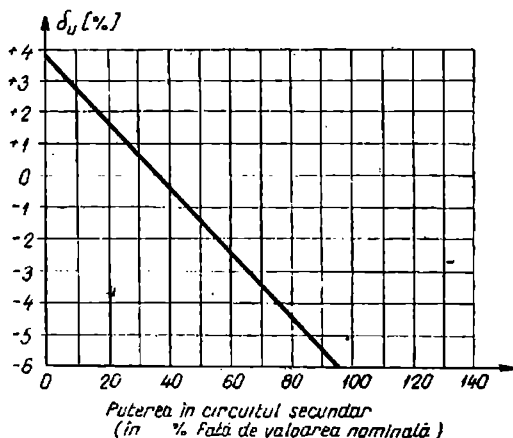


Fig. 3.2.17. Variația erorii de unghi a transformatoarelor de tensiune funcție de sarcină.

Ca și la transformatoarele de curent, și la transformatoarele de tensiune erorile de tensiune și de unghi variază cu sarcina secundarelor — fig. 3.2.16, 3.2.17.

Transformatoarele de tensiune se clasifică după următoarele criterii :

a) După principiul constructiv :
   — inductive cu circuit magnetic închis ;
   — inductive cu circuit magnetic deschis ;
   — capacitive.

b) după tensiunea primară nominală : 0,380 ; 0,4 ; 0,5 ; 0,66 ; (3) ; (5) ; 6 ; 10 ; (15) ; 20 ; (25) ; (60/ $\sqrt{3}$) ; 35 ; 110/$\sqrt{3}$; 220/$\sqrt{3}$; 400/$\sqrt{3}$ kV ;

c) după tensiunea de izolație : 0,5 ; (3) ; 6 ; 10 ; (15) ; 20 ; (25) ; (30) ; (60) ; 35 ; 110 ; 220 ; 400 kV ;

d) după tensiunea secundară nominală : 100 sau 100/$\sqrt{3}$ V pentru înfășurarea principală și 100/3 sau 100 V pentru înfășurarea auxiliară ;

e) după clasa de precizie pentru măsurare : 0,1 ; 0,2 ; 0,5 ; 1 ; 3.

f) după clasa de precizie pentru protecție : 3P ; 6P ;

g) după locul de montare : în instalații interioare sau exterioare ;

h) după felul izolației de bază : în porțelan, în rășină, în ulei ;

i) după numărul bornelor de înaltă tensiune izolate :

— cu o singură bornă izolată și legată la o fază (transformator monopolar) ;

— cu două borne izolate și legate la două faze (transformator bipolar) ;

— cu trei borne izolate și legate la cele trei faze (transformator tripolar) ;

j) după numărul fazelor, adică după numărul înfășurărilor de înaltă tensiune din transformator : monofazate, bifazate, trifazate ;

k) după caracterul izolației și al legării la pămînt ;

— cu izolație plină, adică începutul și sfîrșitul înfășurării primare izolate corespunzător tensiunii de izolație ;

— cu izolație degresivă, adică un capăt al înfășurării primare este legat (constructiv) la masă (de obicei sfîrșitul înfășurării).

Transformatoarele de tensiune cu izolație degresivă pot avea borna care se leagă la masă (sfîrșitul înfășurării primare) izolată pentru o tensiune de încercare de 2. . .4 kV, sau neizolată și legată direct la masă ;

l) după tensiunea nominală de funcționare ;

— joasă tensiune ;

— medie tensiune ;

— înaltă tensiune.

Din categoria transformatoarelor de tensiune care au sfîrșitul înfășurării primare izolat la tensiunea de 2 kV și scos în afara transformatorului, în cutia de borne a înfășurărilor secundare, face parte transformatorul tip TEMU — 110 kV ;

m) după posibilitatea de comutare a înfășurării primare și secundare ; necomutabilă și comutabilă în două sau mai multe trepte.

Simbolizarea transformatoarelor de tensiune este arătată în fig. 3.2.18.

Transformatoare de tensiune de joasă tensiune. Aceste transformatoare sînt de tipul TIB și se compun din următoarele părți principale: miezul magnetic, înfășurarea primară, înfășurarea secundară, carcasa de bachelită. În fig. 3.2.19 este reprezentat transformatorul TIB 0,5 kV.

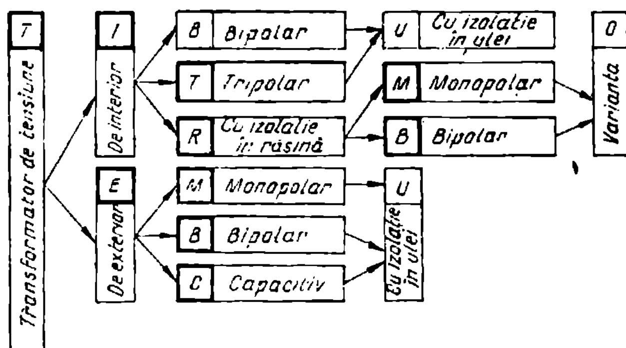


Fig. 3.2.18. Schema formării simbolurilor la transformatoarele de tensiune.

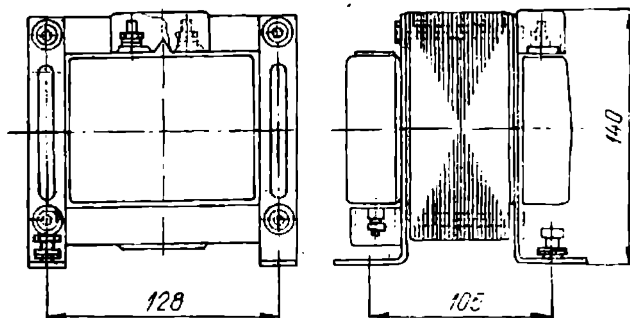


Fig. 3.2.19. Transformatorul de tensiune tip TIB-0,5 kV.

Transformatoare de tensiune de medie tensiune. Aceste transformatoare pot fi cu izolație în rășină sau în ulei. Transformatoarele cu izolație în rășină sînt de tipul TIRMo, TIRBo — 5 ; 10 ; 20 ; 35 kV. Simbolizarea acestor transformatoare este prezentată în fig. 3.2.20. În tabelul 3.2.8 sînt prezentate caracteristicile lor. La variantele tip TIRMo — U_1GU_2, grupul de cifre U_1, U_2 și litera G au următoarea semnificație: U_1 este tensiunea primară nominală construit pentru gabaritul corespunzător nivelului de izolație U_2.

Transformatoarele se compun din următoarele părţi principale: miezul magnetic, înfăşurarea primară, înfăşurările secundare, soclul cu cutia de borne, carcasa din răşină turnată.

La transformatoarele tip TIRMo izolaţia înfăşurării primare este degresivă, sfîrşitul înfăşurării fiind legat direct la carcasa metalică, în schimb la transformatoarele tip TIRBo izolaţia înfăşurării primare este plină, ambele borne ale înfăşurării fiind izolate corespunzător tensiunii nominale a transformatorului. În fig. 3.2.20 sînt reprezentate transformatoarele tip TIRMo respectiv TIRBo.

Transformatoarele cu izolaţia în ulei sînt de tipul TEMU — 20, 25, 35 kV, TEBU — 20, 25 kV. Caracteristicile lor principale sînt prezentate în tabelul 3.2.8.

La ambele tipuri de transformatoare izolaţia este în ulei electroizolant. În fig. 3.2.21 sînt reprezentate transformatoarele tip TEMU respectiv TEBU.

Transformatorul de înaltă tensiune tip TEMU — 110 kV. Este un transformator cu izolaţie în ulei. Caracteristicile principale ale transformatorului sînt prezentate în tabelul 3.2.8.

Transformatoarele se compun din următoarele părţi principale:

— miezul magnetic cu înfăşurările primară şi secundară fixate pe soclul *1*, izolatorul din porţelan electrotehnic *2* care formează cuva transformatorului, capacul metalic *3* în care este fixată borna înfăşurării primare *7*, filtrul cu silicagel *4* şi nivela de ulei *5*. Bornele înfăşurării secundare sînt aduse la cutia de borne *6*. Umplerea cu ulei a transformatorului are loc pe la buşonul *8*.

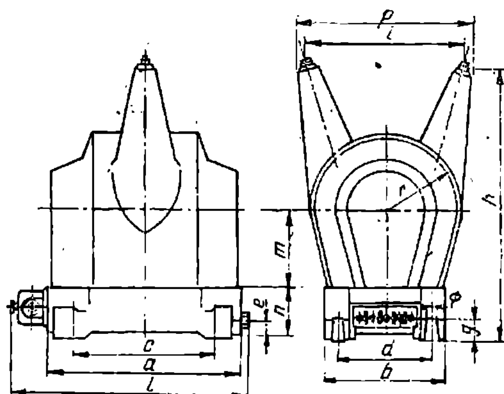
În fig. 3.2.22 este reprezentat transformatorul TEMU — 110 kV. Izolaţia înfăşurării primare este degresivă, sfîrşitul înfăşurării fiind legat direct la soclul metalic la transformatoarele mai vechi, sau printr-un izolator de trecere de 2...4 kV, la transformatoarele din fabricaţia curentă. Izolaţia transformatorului este cufundată în ulei.

Transformatoare de tensiune capacitive tip TECU — 110, 220, 400 kV. Transformatoarele de tensiune capacitive se folosesc la înaltă şi foarte înaltă tensiune în locul transformatoarelor inductive.

Transformatoarele de tensiune capacitive au o serie de avantaje faţă de transformatoarele de tensiune inductive:

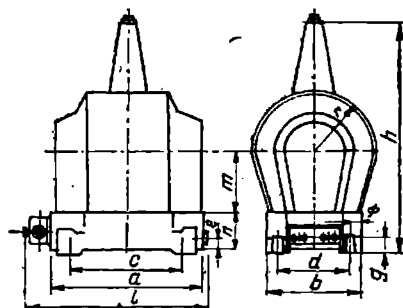
— permit cuplarea la linia electrică de înaltă tensiune a unei instalaţii de telecomunicaţii de înaltă frecvenţă;

— prezintă o rezistenţă bună la undele de şoc, datorită repartiţiei uniforme a tensiunii în lungul divizorului capacitiv de tensiune. Practic această repartiţie fiind uniformă, izolaţia divizorului capacitiv de tensiune poate fi uşor realizată;



Tip	a	b	c	d	e	φ	g	h	i	l	m	n	p	r	Masa [Kg]
TIRB$_0$-15:20	330	192	268	140	20	14	37	334	218	382	100	77	244	107	38
TIRB$_0$-25:35	418	242	344	182	20	16	44	432	340	470	130	96	366	137	69

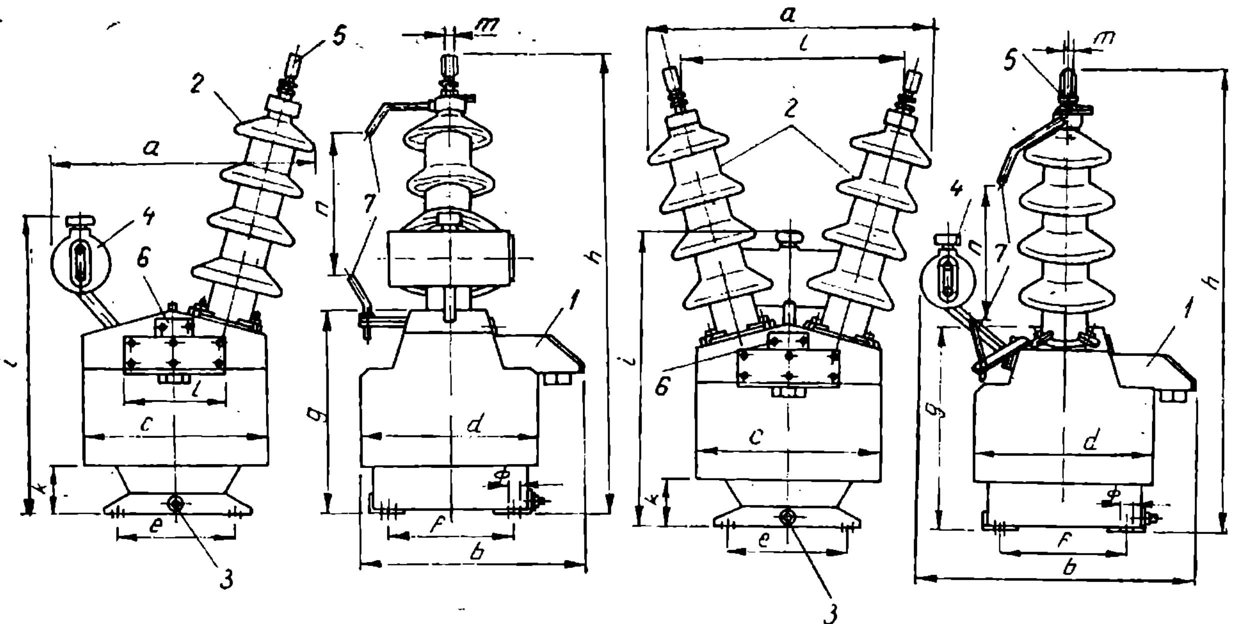
a



Tip	Dimensiuni [mm]														Masa [Kg]
	a	b	c	d	e	φ	g	h	i	l	m	n	p	r	
TIRMo-6;10	212	146	172	110	12	10	25	222	—	264	80	54	—	80	14,5
TIRMo-15;20	330	192	268	140	20	14	37	334	—	312	100	77	—	107	36
TIRMo-25;35	418	242	344	182	20	16	44	482	—	470	130	96	—	137	64

b

Fig. 3.2.20. Transformatoarele de tensiune tip: a — TIRBO; b — TIRMo.



Varianta	Dimensiuni [mm]														Masa [Kg]
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n	φ	
TEMU 25-35	532	420	378	348	240	240	392	936	568	82	180	12	265	18	80
TEMU-20/13	484	420	378	348	240	240	392	670	568	82	180	12	250	18	76

a

Varianta	Dimensiuni [mm]														Greu. [Kg]
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n	φ	
TEBU 20-25	578	512	378	348	240	240	392	830	536	82	460	12	255	18	85

b

Fig. 3.2.21. Transformatoarele de tensiune tip TEMU, TEBU.

a — tip TEMU-20, 25, 35 kV.

1 — cutia de borne secundare ; 2 — izolator de porțelan ; 3 — bornă de legare la pămînt; 4 — conservator ulei; 5 — bornă primară ; 6 — etichetă ; 7 — eclatori de protecție ;

b — tip TEBU-20, 25 kV.

1 — cutia de borne secundare ; 2 — izolatoare din porțelan ; 3 — bornă de punere la pămînt ; 4 — conservator ulei ; 5 — bornă primară ; 6 — etichetă ; 7 — eclatori de protecție.

— prin defectarea unui element al transformatorului de tensiune capacitiv (exemplu: un condensator sau transformatorul inductiv,) defectul nu se extinde la întreg transformatorul;

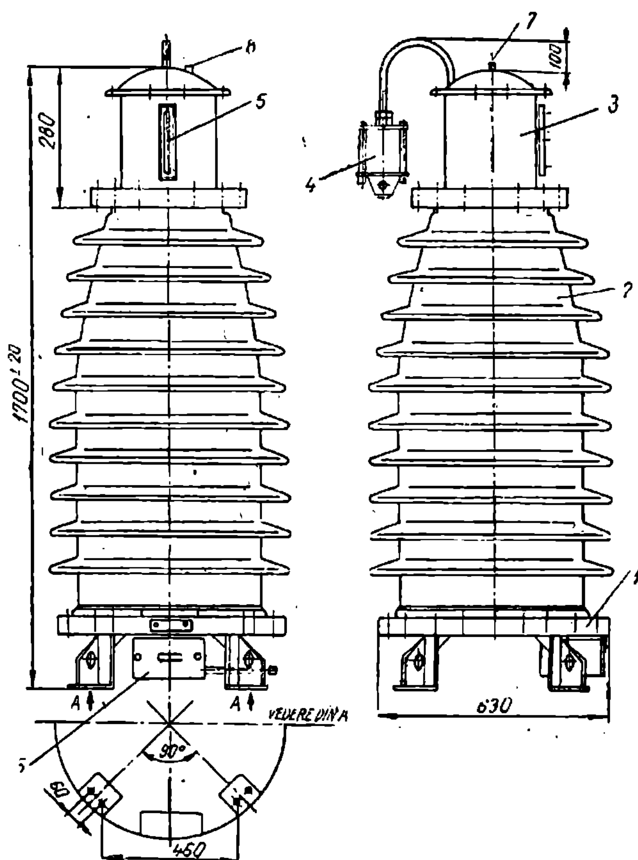


Fig. 3.2.22. Transformatorul tip TEMU-110 kV.

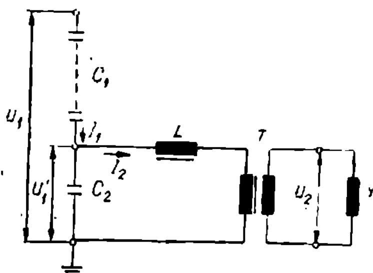
— de la o anumită tensiune în sus prețul transformatorului de tensiune capacitiv este mai mic.

Dezavantajele transformatoarelor de tensiune capacitive față de transformatoarele de tensiune inductive: sînt mai sensibile, datorită prezenței capacității, la variații ale frecvenței, ale cîmpurilor magnetice perturbatoare, la variația temperaturii;

— precizia măsurării este mult influențată de regimurile tranzitorii care apar în cazul avariilor în instalațiile electrice;

– puterea secundară a acestor transformatoare este mai mică decît a transformatoarelor inductive.

Fig. 3.2.23. Schema electrică de principiu a unui transformator de tensiune capacitiv.



Transformatoarele de tensiune capacitive se compun dintr-un divizor de tensiune capacitiv C_1 și C_2 și dintr-un circuit inductiv de medie tensiune conectat între priza mediană a divizorului capacitiv și pămînt [11]. În funcție de valoarea tensiunii nominale, divizorul de tensiune capacitiv conține unul sau mai multe condensatoare suprapuse.

Schema simplificată a unui transformator de tensiune capacitiv este dată în fig. 3.2.23.

Circuitul inductiv de măsură se compune dintr-un transformator T și o bobină cu fier L, care mărește inductanța transformatorului coborîtor T obținind o rezonanță de curent.

Schema de principiu a transformatorului tip TECU este reprezentată în fig. 3.2.24. Circuitul magnetic este introdus într-o cuvă metalică închisă ermetic în care se află ulei electroizolant.

Pe cuva metalică sînt montate rigid una, două sau trei unități de condensatoare, care formează divizorul capacitiv. Prima unitate constituie unitatea de bază și este montată solidar de capacul cuvei. Acest ansamblu corespunde tensiunii de 110 kV. La transformatoarele de 220 kV peste unitatea de bază se suprapune o unitate superioară, iar la transformatoarele de 400 kV se suprapun două unități. Unitățile de condensatoare sînt formate din mai multe condensatoare legate în serie, fiecare unitate, închisă ermetic, fiind umplută cu ulei special, fig. 3.2.25.

Stiva de condensatoare a unității de bază este prevăzută cu o priză în punctul A, care prin intermediul unei treceri izolate, cu tensiunea nominală de 20 kV montate pe capacul cuvei, permite conectarea circuitului inductiv al transformatorului TECU la divizorul capacitiv.

Circuitul inductiv se compune din următoarele elemente, fig. 3.2.25.

— transformatorul inductiv T, care are două înfășurări principale de măsurare $1_n - 1_a$, $2_n - 2_a$ și o înfășurare auxiliară de protecție $n_1 - a_1$, precum și înfășurări suplimentare de calibrare;

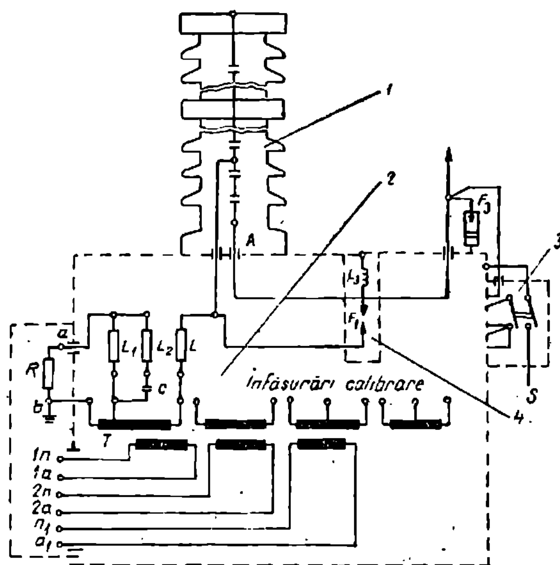


Fig. 3.2.24. Schema electrică de principiu a transformatorului de tensiune tip TECU:

1 — divizor capacitiv; 2 — circuitul inductiv; 3 — circuitul de conectare a telefoniei prin înaltă frecvență; 4 — subansamblu tub eclator de protecție.

— o bobină cu miez de fier (drosel) cu întrefier reglabil L_0, care servește la încadrarea transformatorului în fabrică în erorile standardizate;

— un circuit antiferorezonant din droselе de joasă tensiune L_1 și L_2, condensatorul C și rezistența nelineară din silită R. Acest circuit amortizează într-un timp foarte scurt oscilațiile produse de fenomenele de ferorezonanță din rețeaua electrică, precum și supratensiunile tranzitorii care pot apare în secundarele transformatorului capacitiv, produse de scurtcircuite;

— subansamblu tub eclator de protecție montat pe capacul cuvei părții inductive, format din eclatorul de protecție F_1 avînd rolul de a proteja circuitul inductiv contra supratensiunilor produse de fenomenele

de ferorezonanță, bobina de inducție L_3 de joasă tensiune și eclatorul de protecție de joasă tensiune F_3, ultimele două cu rol de protecție a circuitului de înaltă frecvență în cazul în care transformatorul capacitiv este utilizat și drept condensator de cuplaj pentru telefonia prin înaltă frecvență *IF* prin separatorul *S*. Constructiv eclatorul de protecție F_1 și bobina de inducție *L* se află amplasate într-un tub din sticlotextolit.

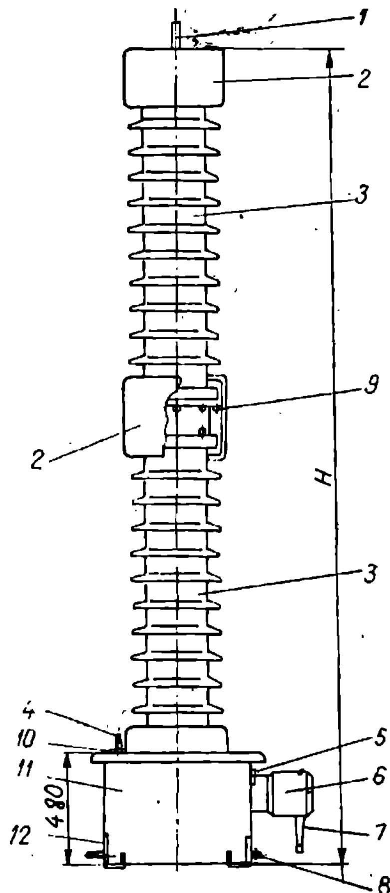
În tabelul 3.2.8 sînt prezentate caracteristicile tehnice principale ale transformatoarelor de tensiune pentru sistemul energetic, fabricate în R.S.R.

Schemele de conexiuni ale transformatoarelor de tensiune. Pentru conectarea aparatelor de măsură și protecție, înfășurările secundare ale transformatoarelor de tensiune se leagă în anumite moduri.

Ca și la transformatoarele de curent, și la transformatoarele de tensiune aparatele care se conectează în secundarele lor sînt sensibile la valoarea amplitudinii și la sensul tensiunii, astfel că trebuie să se acorde o atenție deosebită modului de execuție a conexiunilor transformatoarelor.

Din această cauză bornele transformatoarelor de tensiune sînt marcate după anumite reguli stabilite prin norme de fiecare țară. În țara noastră aceste reguli sînt stabilite conform STAS 4223.

La transformatoarele de tensiune monofazate, bornele înfășurării primare sînt marcate cu literele mari, *A* pentru începutul înfășurării și *B*, *N* sau *X* pentru sfîrșitul înfășurării. Bornele înfășurărilor secundare sînt mar-



Varianta	H[mm]
TECU-110	1950
TECU-220	3410
TECU-400	4870

Fig. 3.2.25. Transformatorul de tensiune tip TECU :
1 — borna de înaltă tensiune ; 2 — ecran ; 3 — izolator de porțelan ; 4 — borna pentru telefonia prin înaltă frecvență; 5 — vizor nivel ulei ; 6 — cutia de borne ; 7 — cutia terminală ; 8 — bușon golire ulei ; 9 — șuruburi de fixare ; 10 — bușon de umplere cu ulei ; 11 — cuva metalică ; 12 — dispozitiv de ridicare.

Caracteristicile tehnice principale ale transformatoarelor de tensiune fabricate în R.S.R.

Tipul	U_{1n} [kV]	U_m [kV]	U_{2n} [V] înfăşurare măsură / înfăşurare protecţie	Clasa de precizie înfăşurare măsură / înfăşurare protecţie	S_n [VA] înfăşurare măsură / înfăşurare protecţie	$U_{încerc}$ 50 Hz [kV]
1	2	3	4	5	6	7
TIB-0,5	0,5	0,6	100	0,5(1 : 3)/—	30(60 ; 90)/	3
TIRMo-3	3	3,6	$\frac{100}{\sqrt{3}} \Big| \frac{100}{3}$	0,5/6P	30/60	16
TIRMo-10	10	12				28
TIRMo-15	15	18				38
TIRMo-20	20	24			100/120	50
TIRMo-25	25	30				60
TIRMo-35	25	42				80
TIRMo-10G20	10	12	$\frac{100}{\sqrt{3}} \Big| \frac{100}{3}$	0.5/3P	100/60	28
TIRMo-10G20					100/200	
TIRMo-10G20			—100	— /3P	— /800	
TIRMo-10G20			100/200	0,5/3P	60/100	
TIRMo-15G20	15	18	$\frac{100}{\sqrt{3}} \Big| \frac{200}{3}$	0,5/3P	100/200	38
TIRMo-15G20			—100	—1/3P	- /800	
TIRMo-15G20			100/200	0,5/3P	60/100	
TIRMo-24G35	24	29	$\frac{100}{\sqrt{3}} \Big| \frac{100}{3}$	0,5/3P	100/60	55
TIRMo-24G35			$2\times\frac{100}{\sqrt{3}} \Big| —$	0,5/—	100 : 50/—	
TIRBo-3	3	3,6	100/—	0,5/—	30/—	16
TIRBo-10	10	12				28
TIRBo-15	15	18				38
TIRBo-20	20	24			100	50
TIRBo-25	25	30				60
TIRBo-35	35	42				80

1	2	3	4	5	6	7
TEMU-20	20	24				50
TEMU-25	25	30	$\frac{100}{\sqrt{3}} \Big\vert \frac{100}{3}$	0.5/6P	90/60	60
TEMU-35	35	42				80
TEBU-20	20	24	100/–	100/–	90/–	50
TEBU-25	30	30				60
TEMU-110	100	123	$\frac{100}{\sqrt{3}} \Big\vert 100$	0,5/3P	300/120	185
TECU-110	110	123				230
TECU-220	220	245	$2\times\frac{110}{\sqrt{3}} \Big\vert \frac{100}{3}$ (100)	0,5/1	100/60	460
TECU-400	400	420				680

cate cu litere mici *a* pentru începutul înfăşurărilor şi *b*, *n* sau *x* pentru sfirşitul înfăşurărilor (completate cu cifrele *1* şi *2* înaintea literelor în cazul cînd transformatorul de tensiune are două înfăşurări principale de măsură). La transformatoarele de tensiune trifazate, bornele începuturilor înfăşurării primare au literele mari *A*, *B*, *C* şi literele *X*, *Y*, *Z* pentru sfîrşitul înfăşurării primare. Bornele înfăşurărilor secundare sînt marcate cu literele mici *a*, *b*, *c* pentru începutul lor şi *x*, *y*, *z* pentru sfîrşitul lor. Bornele punctelor neutre se notează cu litera mare *N* pentru înfăşurarea primară şi cu litera mică *n* pentru înfăşurarea secundară. Bornele înfăşurării secundare auxiliare de protecţie se notează cu d_a, d_n sau a_1, x_1.

Bornele înfăşurării primare ale transformatoarelor de tensiune bipolare se notează cu literele mari *A*, *B*, iar cele secundare — cu literele mici *a*, *b*.

Atît la înfăşurarea primară, cît şi la înfăşurarea secundară succesiunea alfabetică a literelor coincide cu succesiunea în timp a fazelor.

În general, se respectă următoarea regulă de legare în schemele electrice a transformatoarelor de tensiune (fig. 3.2.26); aparatul sau releul se leagă la bornele înfășurării secundare astfel încît sensul de scurgere a curentului care trece prin bobina aparatului sau releului să fie acelaşi, ca în cazul cînd acesta ar fi legat direct la circuitul primar.

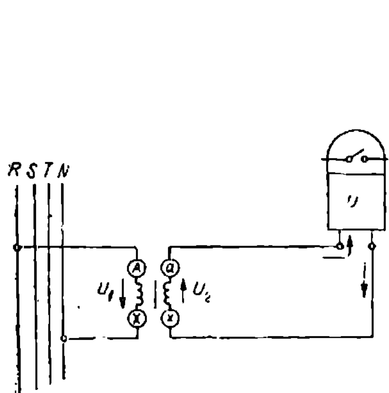


Fig. 3.2.26. Marcarea bornelor transformatoarelor de tensiune în schemele electrice.

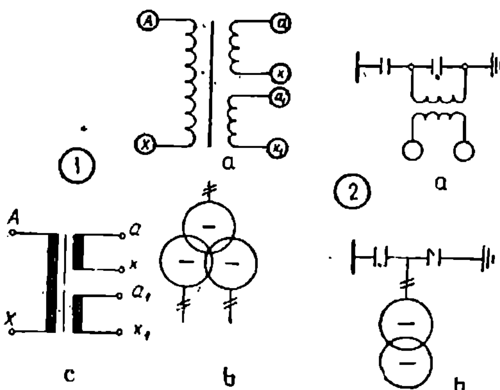


Fig. 3.2.27. Reprezentarea unui transformator de tensiune în schemele electrice:
(1) — transformator inductiv;
a — schema detaliată; b — schema simplificată; c — simbolizare;
(2) — transformator capacitiv;
a — schema detaliată; b — schema simplificată.

În schemele electrice transformatoarele de tensiune se reprezintă ca în fig. 3.2.27.

Transformatoarele de tensiune cu tensiunea nominală pînă la 35 kV inclusiv se racordează la bare prin intermediul siguranțelor fuzibile şi al separatoarelor, iar cele cu tensiunea nominală mai mare de 110 kV inclusiv se racordează la bare doar prin intermediul separatoarelor. Siguranțele fuzibile, montate în circuitul primar, protejează rețeaua contra defectelor în transformator sau pe porțiunea dintre transformator şi siguranțele fuzibile.

Protecția transformatoarelor de tensiune contra suprasarcinilor şi scurtcircuitelor din circuitul secundar este realizată prin montarea de siguranțe fuzibile de joasă tensiune în circuitul secundar. Aceste

siguranțe se aleg în așa fel ca să se topească la depășirea puterii maxime admisibile a înfășurării secundare respective.

Schemele de legare ale transformatoarelor de tensiune sînt reprentate în fig. 3.2.28.

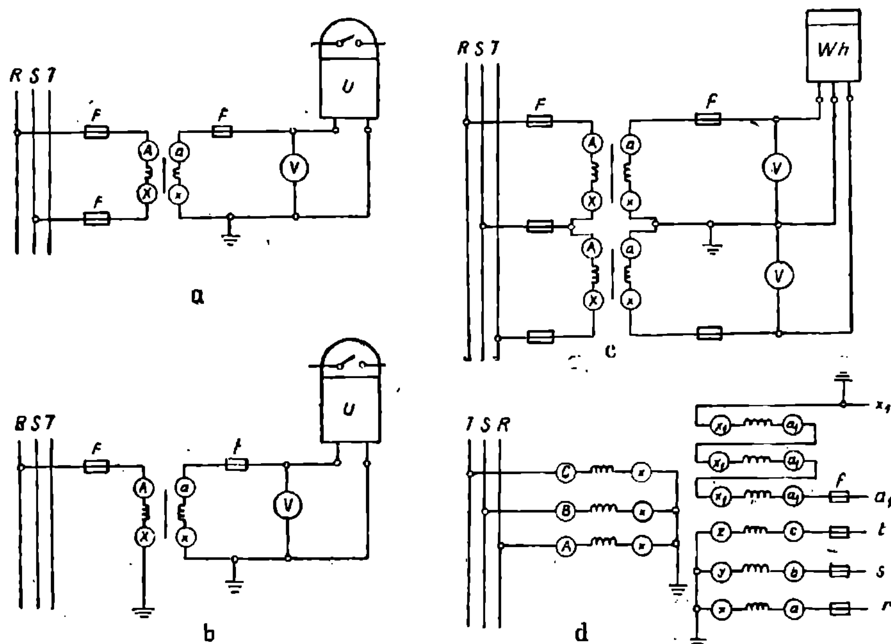


Fig. 3.2.28. Schemele de legare în instalații ale transformatoarelor de tensiune : *a* — legare între două faze ; *b* — legare între o fază și pămînt ; *c* — legare a două transformatoare în V ; *d* — legare în stea.

3.2.3. EXPLOATARE. PRINCIPALELE DEFECȚIUNI ȘI REMEDIEREA LOR

3.2.3.1. EXPLOATAREA TRANSFORMATOARELOR DE MĂSURĂ

Siguranța în funcționarea transformatoarelor de măsură depinde direct de modul în care se execută exploatarea lor. Pentru asigurarea funcționării sigure și economice a transformatoarelor de măsură, este

necesară o exploatare rațională care să țină seama de indicațiile fabricii constructoare.

● În cazul cînd lipsesc indicațiile fabricii constructoare, la exploatarea transformatoarelor de măsură se va ține seama de următoarele indicații :

— condițiile normale de mediu pentru funcționarea transformatoarelor de măsură sînt : temperatura mediului înconjurător va fi cuprinsă între −30°C și +40°C, iar umiditatea relativă va fi de 80% pentru interior și 90% pentru exterior ;

— temperatura maximă a uleiului din transformatoarele cu izolație în ulei va fi de +95°C ;

— la transformatoarele de măsură cu izolație în ulei care nu sînt prevăzute cu conservator de ulei, nivelul uleiului va fi menționat în dreptul diviziunii marcate pe indicatorul de nivel al uleiului, iar în lipsa și a acestui marcaj nivelul de ulei va fi menținut la 15—18 mm sub dopul de umplere ;

— toate părțile metalice ale transformatoarelor de măsură vor fi protejate contra coroziunii prin acoperire cu vopsele, bronz ;

— pentru protejarea personalului și a aparatajului din secundarul transformatoarelor de măsură contra pătrunderii înaltei tensiuni în secundar, toate înfășurările secundare ale transformatoarelor de măsură vor avea o legătură la pămînt ; exceptează transformatoarele de măsură de joasă tensiune, unde această legătură nu este necesară ;

— transformatoarele de măsură vor fi prevăzute cu șurub de legare la pămînt a pieselor metalice, inclusiv miezul transformatoarelor, care în funcționarea normală nu sînt sub tensiune.

Exploatarea transformatoarelor de măsură începe încă din faza de preluare în exploatare de la montarea lor în instalații.

La preluarea în exploatare a transformatoarelor de măsură de către personalul de exploatare se vor face următoarele verificări :

— se verifică respectarea tuturor prevederilor proiectelor de execuție privind montarea, legăturile cu rețeaua, asigurarea condițiilor de înlocuire a echipamentelor fără scoatere din funcțiune a restului instalației, a detaliilor constructive specificate în proiect ;

— se verifică existența condițiilor de acces nepericuloase la transformatoarele de măsură, pentru executarea următoarelor operații de exploatare : controlul nivelului uleiului, vizualizarea tuturor părților exterioare ale transformatoarelor de măsură ;

— se verifică dacă transformatoarele de măsură sînt bine fixate pe suportul lor pentru a rezista efectelor dezvoltate de forțele electrodinamice de scurtcircuit, precum și dacă poziția lor este cea prescrisă ;

— se verifică dacă poziția circuitelor secundare și aparatelor de măsură și protecții aferente este cea prescrisă, la distanțe corespunzătoare de circuitul primar ;

— se verifică existența legăturilor la pămînt, de protecții și de lucru, iar suprafața de contact pentru punerea la pămînt să fie curată, neruginită și neacoperită cu vopsea. Această suprafață de contact se acoperă cu un strat subțire de vaselină neutră ;

— se verifică cu atenție secțiunea conductorului, materialul utilizat la confecționarea lui, continuitatea legăturilor ;

— se verifică încadrarea transformatoarelor de măsură în zona de acționare a mijloacelor de protecție împotriva supratensiunilor atmosferice ;

— se verifică existența mijloacelor de stingere a incendiilor stabilite de normele P.S.I. pentru categoria respectivă de instalații ;

— se verifică existența tuturor inscripționărilor celulei în care se află transformatoarele de măsură, dacă sînt respectate prevederile prescripțiilor în vigoare și nu se creează confuzii ;

— se verifică aspectul exterior al izolatoarelor și starea lor de curățenie, astfel încît să nu prezinte spărturi sau crăpături în porțelan sau în masa de rășină, lovituri vizibile în soclu sau în masa de rășină ;

— se verifică dacă sînt montate toate îngrădirile prevăzute în proiect și dacă acestea sînt suficiente ;

— se verifică starea părților metalice, a vopselei de pe suprafața lor ;

— la transformatoarele de măsură tip etanș, existența sigilului fabricii constructoare ;

— se verifică dacă spațiul din jurul transformatoarelor de măsură este degajat de materiale, scule și dacă curățenia este corespunzătoare ;

— se verifică existența tuturor buletinelor de încercări și măsurători ale fabricii constructoare și ale unității de montaj, conform normativelor MEE, PE 003 și PE 116 ;

— la toate transformatoarele de măsură se verifică corectitudinea legării înfășurării primare și secundare în schema electrică ;

— se urmărește ca înfășurările secundare ale transformatoarelor de curent să nu fie deschise. Dacă o înfășurare nu este utilizată, aceasta va fi scurtcircuitată și legată la pămînt ;

— verificarea legăturii la pămînt a unei borne a fiecărei înfăşurări secundare pentru protecţia contra pătrunderii tensiunii înalte primare în circuitul secundar ;

— se verifică nivelul uleiului, la transformatoarele cu izolaţie în ulei, prin vizorul destinat acestui scop : nivelul uleiului trebuie să fie în dreptul liniei roşii prevăzute pe capacul indicatorului de nivel. De asemenea, se verifică să nu existe pierderi de ulei, vizorul spart, sau piesele de racord ale vizorului lipsă. Scurgerile slabe de ulei se remediază prin strîngerea corespunzătoare a şuruburilor care asigură etanşeitatea ;

— la transformatoarele de măsură de tensiune capacitive se verifică etanşeitatea cuvei şi a unităţilor de condensatoare. Se verifică astfel ca toate îmbinările, de la capacul cuvei, buşonul de golire a uleiului, armături, indicatorul nivelului de ulei cu vizor, să nu prezinte scurgeri.

Pentru ca eroarea de tensiune şi unghi să se încadreze în valorile standardizate, este necesar ca la transformatoarele capacitive compuse din mai multe unităţi de condensatoare (la tensiunile de 220, 400 kV) montarea să se facă conform indicaţiilor fabricii constructoare. Astfel, se va urmări ca numărul de fabricaţie ce se află pe eticheta cutiei de borne să corespundă cu numărul de fabricaţie indicat pe etichetele aflate pe armătura metalică a unităţii de condensatoare superioare.

În cazul cînd transformatorul de tensiune capacitiv nu este folosit şi drept condensator de cuplaj pentru transmiterea informaţiilor prin înaltă frecvenţă, se va urmări ca borna de înaltă frecvenţă de pe capacul cuvei metalice a transformatorului să fie pusă la pămînt.

● Exploatarea transformatoarelor de măsură constă în supravegherea şi verificarea în timpul funcţionării de către personalul de exploatare a următoarelor :

— aspectul exterior al acestora în ceea ce priveşte integritatea cuvei, a etanşeităţii acesteia. Nu se vor admite pierderi de ulei la transformatoarele cu izolaţie în ulei ;

— nivelul de ulei, care nu trebuie să se găsească sub nivelul indicat de semnul făcut pe vizorul sticlei de nivel. Uleiul trebuie menţinut în permanenţă la nivelul indicat. Dacă din diferite motive sau în perioade de iarnă, cînd uleiul se contractă, nivelul a scăzut, transformatorul de măsură se retrage din exploatare şi se fac completări cu ulei ;

— aspectul exterior, în ceea ce priveşte starea izolatoarelor şi a izolaţiei de răşină, care trebuie să fie integră, să nu prezinte spărturi, fisuri, urme de conturnare ;

— starea curăţeniei izolatoarelor din porţelan, a izolaţiei din răşină ;

— starea contactelor legăturilor dintre transformatoarele de măsură şi instalaţia unde sînt racordate, prin aprecierea culorii acestora ;

— starea legăturii la pămînt a părţilor metalice a transformatoarelor de măsură, care în mod normal nu sînt sub tensiune ;

— buna funcționare a transformatoarelor de măsură, prin aprecierea nivelului și a caracterului zgomotului produs în timpul funcționării. În cazul cînd se constată zgomote anormale specifice descărcărilor sau de altă natură, transformatorul de măsură va fi retras din exploatare și supus reviziei și încercărilor în vederea depistării defectelor ;

— verificarea culorii silicagelului din filtrul de aer, la transformatoarele de măsură la care sînt prevăzute.

Personalul de exploatare va urmări ca montarea sau demontarea aparatelor, releelor să nu ducă la depășirea puterii nominale a secundarelor, corespunzătoare clasei de precizie, respectiv pentru ca înfășurările secundarelor transformatoarelor de curent să nu rămînă deschise.

Se menționează că înfășurarea secundară deschisă la un transformator de curent determină zgomote sesizabile (anormale) numai cînd el este parcurs de un curent apropiat de curentul nominal primar.

3.2.3.2. PRINCIPALELE DEFECȚIUNI ȘI REMEDIEREA LOR

Orice funcționare anormală a transformatoarelor de măsură se va anunța la treapta operativă cu autoritate de decizie, notîndu-se cele constatate în registrul operativ :

— scăderea nivelului uleiului. Personalul de exploatare va cerceta cauza scăderii nivelului, presupunînd existența unor neetanșeități ale cuvei, fisurarea izolatoarelor, contractarea uleiului din cauza temperaturii scăzute ;

— creșterea nivelului uleiului, datorată, de regulă, unei temperaturi atmosferice crescute ;

— zgomot în transformator. Se va avea în vedere că acesta poate fi sub formă de bîzîit, descărcări, pocnituri, bolboroseli și se va presupune un defect interior ;

— decolorarea filtrului cu silicagel. Aceasta indică o pătrundere puternică de umezeală. Silicagelul ajuns la o culoare maroniu închis indică o saturație cu umiditate ;

— topirea siguranțelor fuzibile pe primarul transformatorului de tensiune. În acest caz se pot face următoarele presupuneri : un defect în transformator sau un defect în exteriorul transformatorului nesesizat de siguranțele înfășurării secundare ;

— descărcări parțiale pe suprafața izolatoarelor. Se va analiza dacă zona respectivă nu este poluată cu noxe degajate de un consumator din apropiere, acestea depunîndu-se pe suprafața izolatoarelor. De asemenea, personalul de exploatare va verifica nivelul de tensiune din rețea ;

— dispariţia tensiunii secundare la transformatoarele de tensiune capacitive. Personalul de exploatare va avea în vedere că aceasta se datorește unui defect interior, și anume scurtcircuitarea înfășurării primare a transformatorului inductiv de medie tensiune.

Pentru diferite defecte care pot apare în exploatare, precum și în caz de incendiu, se va proceda conform celor indicate în tabelul 3.2.9.

Tabelul 3.2.9

Modul de acționare al personalului de exploatare la defecțiuni constatate în funcționarea transformatoarelor de măsură

Nr. crt.	Defecțiunea constatată	Modul de acționare al personalului de exploatare
1	Conturnări sau străpungeri ale izolatoarelor sau a carcasei de rășină	— Retragerea din exploatare cu respectarea RGM, consemnare în documente și anunțarea organelor de coordonare a exploatării
2	Zgomot interior caracteristic defectelor	— Idem
3	Străpungerea eclatoarelor la transformatoarele tip TECU	— Idem
4	Dispariția tensiunii sau a curentului secundar	— Retragerea din exploatare cu respectarea RGM, consemnare în registrul de defecțiuni ; comunicarea pe linie operativă și ierarhică
5	Scurgeri masive de ulei	— Idem
6	Murdărirea izolatoarelor sau carcasei de rășină	— Consemnarea în documente și anunțarea organelor de conducere a exploatării în vederea retragerii din exploatare și remedierii
7	Spargerea burdufului la transformatoarele tip etanș și prezența scurgerilor de ulei	— Retragerea din exploatare cu respectarea RGM — consemnare în documente și anunțarea organelor de conducere a exploatării
8	Încălziri ale îmbinărilor circuitelor primare prin care se realizează legarea transformatoarelor în instalație	— Idem pct. 4 sau 6 după caz
9	Scăderea rigidității dielectrice a uleiului, a rezistenței de izolație sau creșterea peste limite a tangentei unghiului de pierderi	— Idem pct. 6
10	Incendii	— Conform ITI de PSI emisă pentru instalația respectivă
11	Nivel scăzut de ulei	— Idem pct. 6

3.2.4. ÎNTREŢINERE, ÎNCERCĂRI ŞI MĂSURĂTORI ÎN EXPLOATARE

În continuare sînt prezentate lucrările de întreţinere, încercări şi măsurători la transformatoarele de măsură.

● *Revizia tehnică (RT)* a transformatoarelor de măsură cuprinde ansamblul operaţiilor executate periodic pentru verificarea, curăţirea, eliminarea unor defecţiuni, precum şi măsurători profilactice, înlocuirea unor elemente, piese uzate sau subansambluri, avînd scopul de a constata starea tehnică a instalaţiilor înainte de executarea reparaţiei planificate.

Revizia tehnică se execută la locul de amplasare al transformatorului de măsură de către echipe specializate.

Conţinutul orientativ al lucrărilor de revizii tehnice a transformatoarelor de măsură este următorul:

— curăţirea cuvei, capacului şi a tuturor părţilor metalice ale transformatoarelor;
— curăţirea izolatoarelor;
— ungerea cu unsoare siliconică a izolatoarelor dacă transformatoarele sînt montate în zone poluate;
— curăţirea şi strîngerea contactelor la toate bornele de înaltă şi joasă tensiune;
— completarea nivelului uleiului în izolatoare şi conservator şi revizia indicatoarelor de ulei;
— controlul şi remedierea etanşeităţii îmbinărilor, a buşoanelor;
— revizia sistemului de etanşare al uleiului, a filtrului de aer cu silicagel;
— revizia fundaţiei transformatorului;
— recoltare probe de ulei;
— rectificări şi corecturi de vopsitorie;
— încercări şi măsurători profilactice, şi anume: măsurarea rezistenţei de izolaţie a înfăşurărilor, măsurarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice (tg δ) a izolaţiei principale.

Costul lucrărilor de revizii tehnice ce se execută la transformatoarele de măsură nu trebuie să depăşească 5% din valoarea de înlocuire a fondului fix.

Periodicitatea lucrărilor de revizii tehnice ce se execută la transformatoarele de măsură este de 1 an.

● *Reparaţie curentă (RC)* a transformatoarelor de măsură cuprinde ansamblul de operaţii prin care se urmăreşte aducerea la parametrii proiectaţi a tuturor părţilor componente, remediindu-se toate defecţiunile constatate în timpul exploatării, pentru asigurarea funcţionării în condiţii de siguranţă pînă la următoarea reparaţie capitală.

Conținutul orientativ al lucrărilor de reparații curente a transformatoarelor de măsură este următorul :

— lucrările prevăzute la revizia tehnică ;

— controlul prezenței depunerilor în cuvă și recoltarea probelor de ulei ;

— înlocuirea sau filtrarea uleiului în cazul decuvării ;

— înlocuirea pieselor defecte fără demontarea ansamblurilor respective ;

— demontarea parțială sau totală a ansamblurilor sau subansamblurilor și remedierea sau înlocuirea lor cu altele noi sau reparate ;

— vopsirea ;

— încercările și măsurătorile profilactice indicate la lucrările de revizie tehnică și în plus : încercarea izolației înfășurărilor secundare cu tensiune alternativă mărită, încercarea izolației înfășurărilor primare cu tensiune alternativă mărită, măsurarea rezistenței ohmice a înfășurărilor, verificarea polarității înfășurărilor, verificarea raportului de transformare, determinarea erorilor de unghi și de raport, ridicarea caracteristicii de mers în gol, ridicarea caracteristicii volt-ampermetice.

O parte din aceste încercări și măsurători se fac numai în cazul în care s-au făcut intervenții la înfășurări, la miezul magnetic, sau la conexiuni.

La transformatoarele de măsură sînt prevăzute în normativ lucrări de reparații curente de gradul II. Valoarea acestor lucrări nu trebuie să depășească 20% din valoarea de înlocuire a transformatorului de măsură respectiv.

Periodicitatea lucrărilor de reparații curente este de 9 ani.

● *Reparația capitală (RK)* a transformatoarelor de măsură reprezintă complexul de lucrări prin care se asigură readucerea caracteristicilor tehnico-economice la parametrii proiectați. În cadrul reparației capitale se efectuează înlocuirea totală sau parțială a unor elemente structurale deteriorate ca urmare a uzurii fizice, precum și executarea de modernizări menite să îmbunătățească starea tehnică a instalației sau să ridice calitatea parametrilor tehnico-funcționali.

Conținutul orientativ al lucrărilor de reparații capitale ale transformatoarelor de măsură este următorul :

— lucrările prevăzute la reparațiile curente ;

— lucrări de reparații afectate în scopul readucerii transformatorului cît mai aproape de caracteristicile inițiale, cu demontarea parțială sau totală a transformatorului, recondiționarea sau înlocuirea parțială sau totală a pieselor uzate, respectiv a unuia sau mai multor subansambluri componente ;

— îmbunătăţiri şi modernizări ;

— încercări şi măsurători profilactice prevăzute la reparaţia curentă.

Valoarea lucrărilor de reparaţii capitale la transformatoarele de măsură nu va depăşi 50% din valoarea de înlocuire.

Periodicitatea acestor lucrări este de 15—20 ani.

3.3. APARATE ELECTRICE DE COMUTAŢIE

3.3.1. CONSIDERAŢII GENERALE

Principalele aparate de comutaţie utilizate în staţii electrice şi posturi de transformare sînt separatoarele şi întreruptoarele. Elementele cele mai solicitate ale acestor aparate sînt contactele electrice.

În cazul separatoarelor acestea trebuie să suporte curenţii de lungă durată, curenţii nominali în condiţii nominale de funcţionare ale circuitelor şi de asemenea, să suporte curenţii de scurtcircuit pînă la eliminarea acestora.

În cazul întreruptoarelor, în afara curenţilor de lungă durată sau a celor nominali, contractele trebuie să permită şi ruperea curenţilor de scurtcircuit, în caz de defect.

Din cele de mai sus rezultă că în funcţionarea separatoarelor şi întreruptoarelor, contactele electrice joacă un rol de prim ordin, principiul şi modul de funcţionare a acestora fiind direct legat de cel al funcţionării aparatelor respective.

Contactul electric este un element constructiv care permite efectuarea unei legături electrice sigure între diverse părţi conductoare de electricitate [4]. Prin natura lor, contactele reprezintă unele din componentele cele mai solicitate, şi în acelaşi timp sensibile, ale echipamentelor electrice.

Contactele electrice trebuie să îndeplinească următoarele condiţii:

— să fie stabile termic la trecerea curenţilor normali de funcţionare;

— să fie stabile termic şi electrodinamic la trecerea curenţilor de scurtcircuit ;

— să realizeze o legătură sigură ;

— să reziste la uzura mecanică ;

— să nu se sudeze sau să se topească la trecerea curenților de scurtcircuit ;

— să fie rezistente la acțiunea factorilor externi ;

3.3.2. SEPARATOARE

Separatoarele sînt aparate de comutație care în poziția deschis asigură o întrerupere vizibilă a circuitelor electrice din care fac parte.

Separatoarele sînt constituite din următoarele elemente principale:

a) Sistemul de contacte, care poate fi alcătuit dintr-un contact fix și unul mobil, sau două contacte mobile, constituind calea de curent a separatorului.

b) Sistemul izolator, care este format din izolatoarele suport ale contactelor precum și din tija sau tijele izolante care transmit mișcarea de la dispozitivul de acționare la contacte.

c) Dispozitivul de acționare, care asigură închiderea sau deschiderea separatoarelor. Acestea pot fi cu acționare manuală, pneumatică sau electrică.

d) Construcția metalică de asamblare și susținere, care realizează asamblarea și susținerea din punct de vedere mecanic a elementelor de mai sus.

Principalele caracteristici tehnice ale separatoarelor sînt :

— *tensiunea nominală* [kV] reprezintă tensiunea de funcționare în regim nominal ;

— *curentul nominal* [A] este curentul de funcționare în regim nominal ;

— *valoarea efectivă a curentului limită termic* [kA] reprezintă valoarea maximă a curentului de defect ce poate trece prin separator timp de o secundă, fără ca să se depășească limita de încălzire admisibilă ;

— *valoarea de vîrf a curentului limită dinamic* [kA max] reprezintă valoarea de vîrf a primei alternanțe a curentului de scurtcircuit pe care separatorul îl suportă din punct de vedere dinamic.

Simbolul separatoarelor este format din trei părți. Prima parte este formată din litere, a doua din cifre, iar a treia din cifre și litere.

Literele din prima parte au următoarea semnificație :

— prima literă : S — separator ;

— a doua literă : M sau T — monofazat sau trifazat ;

— a treia literă : I sau E — de interior sau de exterior ; următoarele litere pot indica : P — cu cuțit de punere la pămînt ; F — siguranțe fuzibile incluse, T — cu izolator de trecere ; C — pentru celule; B — basculant ; R — rotativ, etc..

Cifrele din a doua parte a simbolului indică tensiunea nominală în kV și curentul nominal în A.

Literele sau cifrele cuprinse în a treia parte a simbolului au următoarea semnificație : s — montaj pe stînga a dispozitivului de acționare ; d — montaj pe dreapta a dispozitivului de acționare ; l — montaj în linie ; Iz. m. — cu izolație mărită ; LI — cu liberă închidere ; LD — cu liberă deschidere. De asemenea, în a treia parte a simbolului este inclusă și denumirea dispozitivului de acționare.

Separatoarele pot fi clasificate după mai multe criterii :

a) după numărul de poli : separatoare mono-, bi-, sau tripolare ;

b) după felul instalației : separatoare de interior sau de exterior ;

c) după modul de instalare : separatoare montate în paralel, montate în linie etc. ;

d) după modul de deplasare a contactelor : separatoare cuțit, rotative, basculante, de translație, pantograf etc. ;

e) după poziția de instalare : separatoare pentru montare în plan vertical, orizontal, sau atît în plan vertical cît și în plan orizontal ;

f) după prezența sau absența dispozitivelor de legare la pămînt a polilor : separatoare fără dispozitive de legare la pămînt, cu un dispozitiv de legare la pămînt sau două dispozitive de legare la pămînt ;

g) după nivelul de izolație : cu izolație normală sau întărită.

În cele ce urmează vor fi prezentate pe scurt cîteva din principalele tipuri de separatoare folosite în instalațiile electroenergetice din țara noastră.

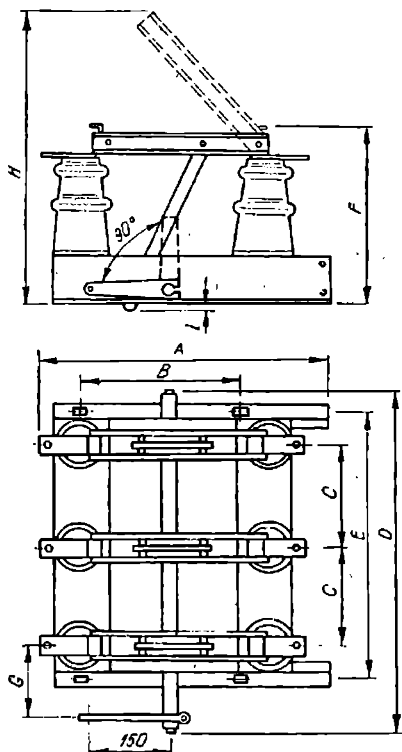
3.3.2.1. SEPARATOARE DE INTERIOR, 3—35 kV

În această categorie intră separatoarele mono și tripolare de interior de 3—35 kV. Aceste separatoare se montează în celulele stațiilor și posturilor de transformare de medie tensiune interioare.

Construcția separatoarelor de interior de 3—35 kV. În fig. 3.3.1 este prezentat un separator tripolar de interior de 10—35 kV și 200—800 A, în fig. 3.3.2 — un separator tripolar de 3—20 kV ; 2 000—3 150 A, iar în fig. 3.3.3 — o fază a unui separator tripolar de interior de 3—20 kV ; 5 000—6 300 A.

Diversele cote din figurile de mai sus variază în funcţie de tensiunea şi curentul nominal al separatorului respectiv.

La separatoarele monopolare şi tripolare de 1 250 A se utilizează un singur cuţit pe fază, la separatoarele de 2 000—3 150 A se utilizează

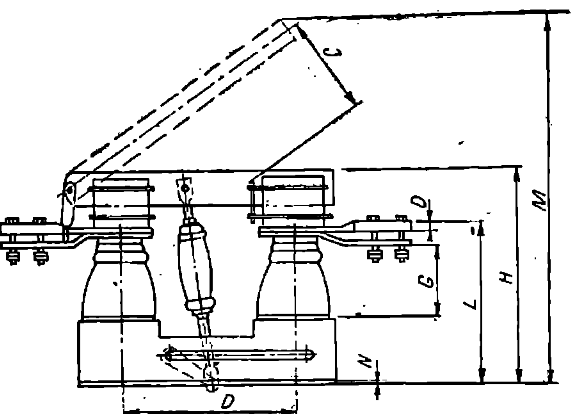


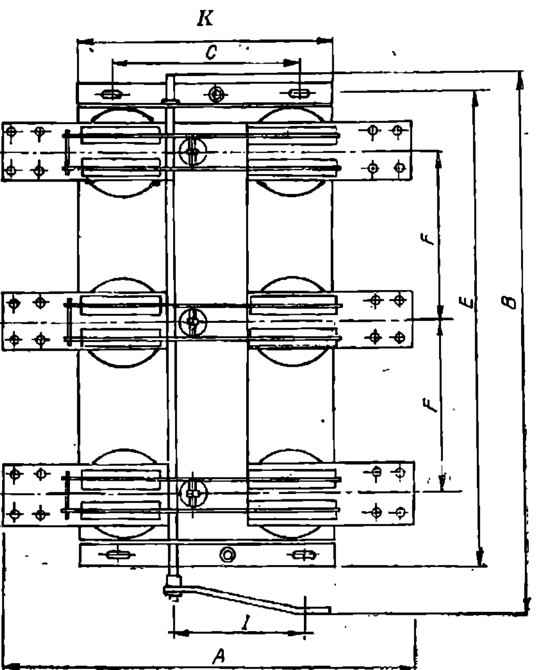
Tipul separatorului	Dimensiuni [mm]										Masa [Kg]
	A	B	C	D	E	F	G	H	I		
STI 10kV 200-400A / 630A / 800A	482 / 527 / 567	260	250	936	682	275	235	440	40		30
STI 20kV 200-400A / 630A / 800A	547 / 592 / 632	320	300	1030	788	360	235	570	40		40
STI 35kV 200-400A / 630A / 800A	741 / 786 / 826	480	450	1584	1080	494	354	870	60		60

Fig. 3.3.1. Separator tripolar de interior 10 ... 35 kV şi 2 00 ... 800 A.

cîte 2 cuţite pe fiecare fază, iar la separatoarele de 4 000 — 6 300 A se utilizează cîte 4 cuţite pe fiecare fază.

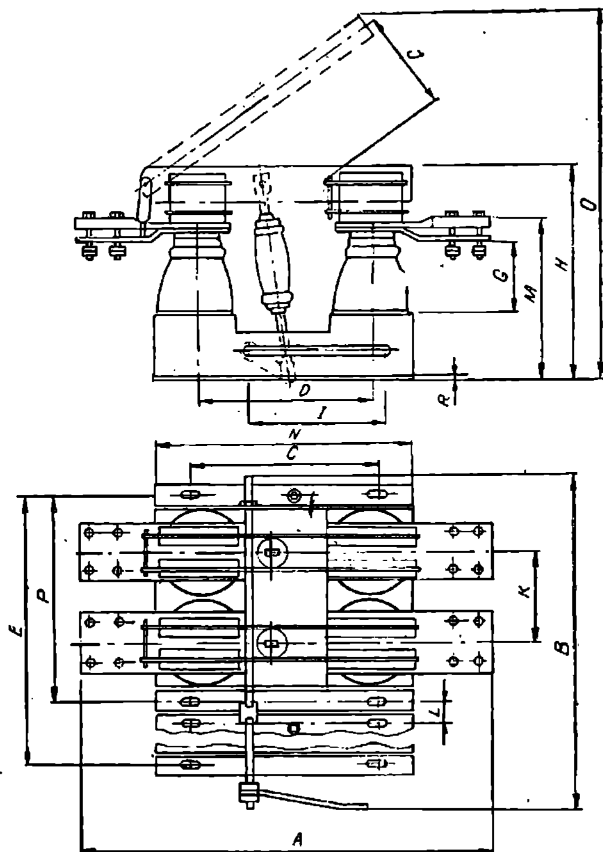
În fig. 3.3.4 este prezentat un separator de interior cu siguranţe fuzibile incluse de 10—20 kV. Acestea se construiesc pentru curenţi nominali ai fuzibilului cuprinşi între 25 şi 63 A.





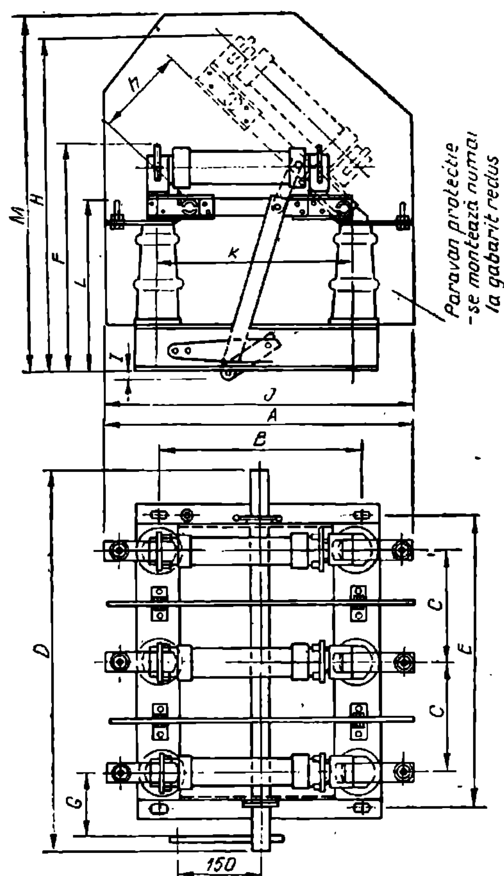
Tipul separatorului	Dimensiuni [mm]														Masa [Kg]
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
STIn-(1)3kV 2000 A	673	650	305	290	522	170	114 ±4,5	327 ±4,5	150	123	435	249 ±4,5	540 ±4,5	–	88
STIn-(1)3kV 3150 A	719	650	335	320	522	170	119 ±4,5	352 ±4,5	150	135	465	254 ±4,5	540 ±4,5	–	105
STIn-(6)10kV 2000 A	203	884	340	320	698	250	134 ±6	367 ±6	150	125	470	274 ±6	631 ±6	10	100
STIn-(6)10kV 3150 A	719	884	340	320	698	250	139 ±6	392 ±6	150	135	470	279 ±6	661 ±6	10	110
STIn-(15)20kV 2000 A	807	1161	430	424	898	350	214 ±8	447 ±8	150	262 ±7	574	369 ±8	761 ±8	10	110
STIn-(15)20kV 3150 A	835	1161	430	424	898	350	219 ±8	472 ±8	150	275 ±10	574	360 ±8	815 ±8	20	126

Fig. 3.3.2. Separator tripolar de interior 3 . . . 20 kV, 3 150 A.



Tipul separatorului	Dimensiuni [mm]																	Masa [Kg]
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	R	
STIn-(1) 3 kV 5000 A	719	1138	340	320	965	211	124	357	150	90	125	43	274	450	560	293	—	225
STIn-(1) 3 kV 6300 A	735	1138	340	320	955	211	124	377	150	100	125	43	274	450	560	293	—	255
STIn-(6) 10 kV 5000 A	739	1291	360	340	1032	250	144	397	150	155	120	78	314	470	652	292	—	235
STIn-(6) 10 kV 6300 A	755	1291	360	340	1032	250	144	417	150	155	120	78	314	470	670	292	—	265
STIn-(15) 20 kV 5000 A	823	1568	424	424	1232	350	224	477	150	240	120	178	394	554	825	292	20	265
STIn-(15) 20 kV 6300 A	851	1568	424	424	1232	350	224	497	150	235	120	178	394	554	845	292	20	290

Fig. 3.3.3. Separator tripolar de interior 3 ... 20 kV și 5 000 ... 6 300 A (o fază).



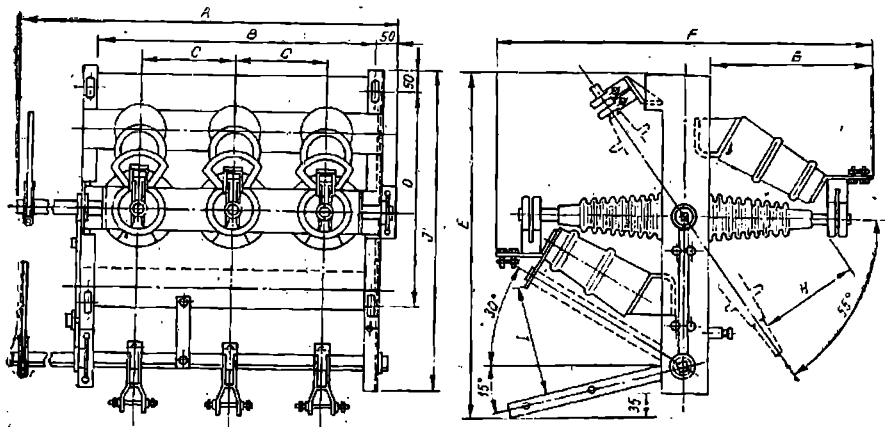
Tipul separatorului		Dimensiuni [mm]														Masa fără patroane [kg]
		A	B	C	D	E	F**	G	H**	h	I	J	K	L	M	
STIF 10 kV	Gabarit normal	552	397	250	936	682	408	235	610	185	30	—	392	220	–	38
	Gabarit redus	552	397	150	590	482	408	235	610	185	30	860	392	220	710	45
STIF 20 kV	Gabarit normal	700	520	300	1030	782	486	235	810	285	30	—	540	300	—	49
	Gabarit redus	700	520	150	736	482	486	235	810	285	30	1000	540	300	940	54

** Cotă minimă

Fig. 3.3.4. Separator tripolar de interior cu siguranțe fuzibile incluse 10 ... 20 kV.

În fig. 3.3.5 este prezentat un separator de interior rotativ de 10—20 kV și 400—630 A.

Principalele caracteristici tehnice ale separatoarelor de interior de 3—35 kV sînt indicate în tabelul 3.3.1.



Tipul separatorului	Cote [mm]										Masa Kg ± 5%
	A±2	B±2	C±2	D±2	E±2	F±2	G±2	H±2	I±2	J±2	
STIR 10-400	780	550	200	350	—	720	315	150	—	440	44
STIR 10-630	780	550	200	350	—	720	315	150	—	440	47
STIRP 10-400	780	550	200	350	600	720	315	150	155	565	51
STIRP 10-630	780	550	200	350	600	720	315	150	155	565	54
STIR 20-400	960	760	285	450	—	830	370	230	—	540	65
STIR 20-630	960	760	285	450	—	830	370	230	—	540	69
STIRP 20-400	960	760	285	450	700	830	370	230	210	665	73
STIRP 20-630	960	760	285	450	700	830	370	230	210	665	77

Fig. 3.3.5. Separator tripolar interior rotativ 10...20 kV, 400...630 A.

Acționarea separatoarelor de interior de 3—35 kV. Pentru acționarea separatoarelor de interior de 3 — 35 kV se pot folosi dispozitive de acționare manuală tip AMI sau dispozitive de acționare cu aer comprimat tip AP.

Dispozitive de acționare tip AMI.

a) Dispozitive de acționare AMI — 1 tip ștangă. Aceste dispozitive (fig. 3.3.6) se folosesc de regulă la separatoare monopolare de 6—35 kV, cu curenți nominali de 200—800 A. Dimensiunile ștăngii în funcție de tensiunea nominală a separatorului acționat sînt indicate în tabelul 3.3.2.

Caracteristicele tehnice principale ale separatoarelor de interior de medie tensiune fabricate în R.S.R.

Tipul separatorului	U_n [kV]	I_n [A]	Curentul limită termic [kA]	Curentul limită dinamic [$kA_{max.}$]
SMI STI STIP	3	1 250	30	75
		2 000	50	125
		3 150	50	125
		4 000	80	200
		5 000	120	300
		6 300	120	300
	10	200	10	25
		400	10	25
		630	15	38
		800	20	50
		1 250	50	125
		2 000	70	175
		3 150	70	175
		4 000	80	200
		5 000	120	300
		6 300	120	300
	20	200	10	25
		400	10	25
		630	15	38
		800	20	50
		1 250	50	125
		2 000	60	150
		3 150	80	200
		4 000	80	200
		5 000	120	300
		6 300	120	300
	35	200	10	25
		400	10	25
		630	10	25
		800	20	50
		1 250	40	100
STIF	10 sau 20	2,5	—	—
		4	—	—
		6,3	—	—
		10	—	—
		16	—	—
		31,5	—	—
		40	—	—
		63	—	—
STIR	10 sau 20	400	—	—
		630	—	—

b) Dispozitive de acționare cu manete. Aceste dispozitive se folosesc pentru separatoare tripolare de 200 -- 1 250 A, dar pot fi folosite în unele cazuri și pentru separatoare cu curenți mai mari. În acest caz, se utilizează cîte două dispozitive de acționare, montate în aceeași celulă.

Tabelul 3.3.2

Dimensiuni de gabarit ale ștăngii funcție de tensiunea nominală a separatorului

U_n [kV]	Dimensiuni [mm]		Masa [kg]
	B	C	
6	1 000	450	1,2
10	1 500	600	1,5
20	2 000	750	2,0
35	2 500	800	2,4
35 ext.	3 000	900	3,2

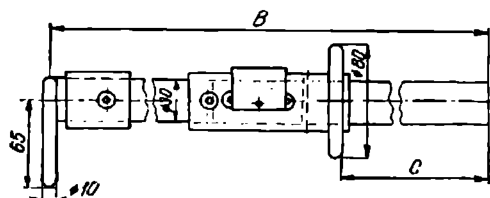


Fig. 3.3.6. Dispozitiv de acționare tip AMI-1 cu ștangă.

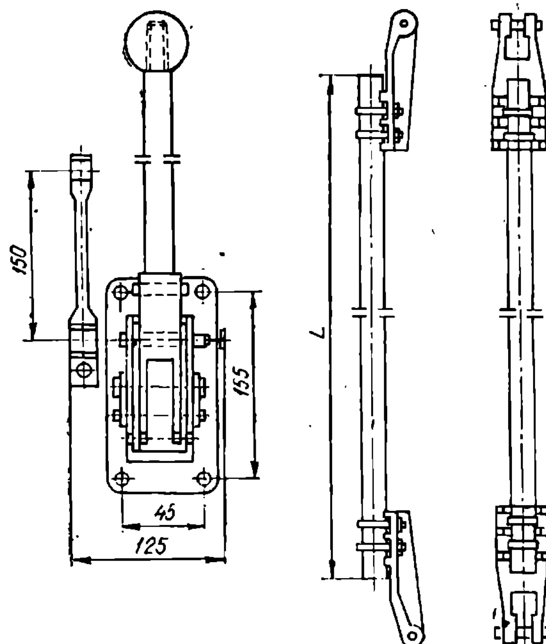


Fig. 3.3.7. Dispozitiv de acționare tip AMI-9 cu manetă.

Dispozitivele de acţionare cu manetă se construiesc în diverse variante (AMI-2; AMI-5; AMI-9; AMI-10; AMI-13, etc.).

În fig. 3.3.7 este prezentat un dispozitiv AMI-9.

c) Dispozitive de acţionare cu roţi dinţate AMI—11. Aceste dispozitive (fig. 3.3.8) sînt utilizate, de regulă, pentru acţionarea separatoarelor cu curenţi nominali de 2 000—6 300 A.

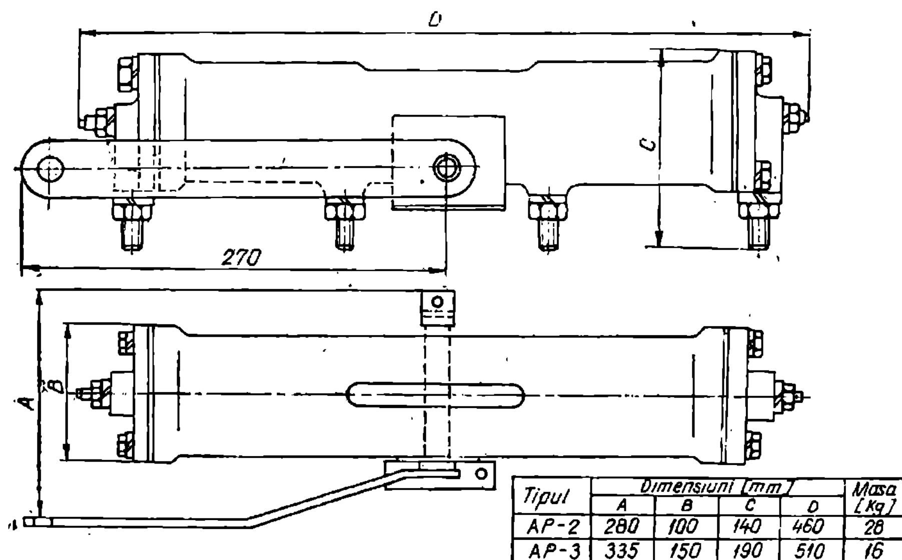
Fig. 3.3.8. Dispozitiv de acţionare tip AMI-11 cu roţi dinţate.

Dispozitivele de acţionare de la punctele b) şi c) pot fi dotate de la caz la caz cu dispozitiv de blocare electromagnetică tip DBE şi cu comutatoare de semnalizare tip CSA cu 2 ÷ 12 contacte.

Dispozitive de acţionare tip AP. Pentru separatoarele de 3—35 kV de interior, dispozitivele de acţionare pneumatice tip AP (fig. 3.3.9) se construiesc în două variante:

— AP-2, pentru acționarea cuțitelor principale sau de punere la pămînt ale separatoarelor de medie tensiune mono sau tripolare de interior cu curenți nominali 200 ÷ 800 A.

— AP-3, pentru acționarea acelorași separatoare ca mai sus, dar cu curenți nominali de 1 250 ÷ 6 300 A.



Tipul	Dimensiuni [mm]				Masa [Kg]
	A	B	C	D	
AP-2	280	100	140	460	28
AP-3	335	150	190	510	16

Fig. 3.3.9. Dispozitiv de acționare tip AP.

3.3.2.2. SEPARATOARE DE EXTERIOR, 10—20 kV

Construcția separatoarelor de exterior de 10—20 kV. Aceste separatoare se construiesc ca :

a) Separatoare tripolare tip cuțit pentru montaj în plan vertical (STEn 10—20 kV) sau orizontal (STEno 10—20 kV). Unele variante pot fi prevăzute și cu fuzibile pe același cadru (STEFn 10—20 kV).

b) Separatoare tripolare tip basculant (STEb 10—20 kV). Aceste separatoare se montează de regulă pe liniile și la posturile de transformare aeriene de medie tensiune.

Principalele caracteristici tehnice ale separatoarelor de exterior de 10—20 kV sînt indicate în tabelul 3.3.3.

Caracteristicele tehnice principale ale separatoarelor de exterior de medie tensiune fabricate în R.S.R.

Tip separator	U_n [kV]	I_n [A]	Curent de stabilitate termică [kA]	Curent de stabilitate dinamică [$kA_{max.}$]
STEn STEno	10	400	10	25
		630	15	38
	20	400	10	2
		630	10	5
STEFn	10	63	10	25
		2,5—16	10	25
		25—40	10	25
	20	25—40	10	2
		2,5—10	10	2
		16	10	2
STEb	10	400	10	25
		630	15	38
	20	400	10	2
		630	10	5

Acționarea separatoarelor de exterior de 10—20 kV. Pentru acționarea separatoarelor de exterior se utilizează dispozitive de acționare manuală cu manetă tip AME-1.

Aceste dispozitive de acționare se montează vertical pe stîlpul de beton sau lemn pe care se află instalat separatorul.

3.3.2.3. SEPARATOARE DE EXTERIOR, 35—400 kV

În această categorie intră separatoarele de 35—220 kV, cu deschiderea cuțitelor în plan orizontal și separatoarele de 400 kV, cu deschiderea cuțitelor în plan vertical.

Construcția separatoarelor de exterior de 35—400 kV. Separatoarele de exterior de 35—220 kV își deschid contactele în plan orizontal.

Construcţia fazelor separatoarelor de 35, 66, 110 şi 132 kV este asemănătoare. Separatoarele din această categorie se pot monta cu fazele în linie (fig. 3.3.10 *a*) sau alăturat (fig. 3.3.10 *b*).

Separatoarele de 400 kV îşi deschid contactele în plan vertical (fig. 3.3.11).

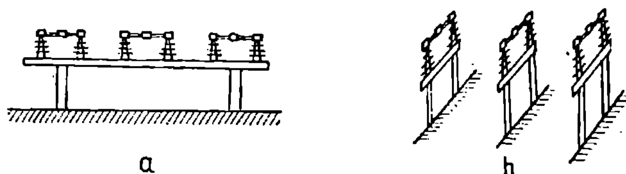


Fig. 3.3.10. Montarea separatoarelor de exterior de 35...132 kV:
a — cu fazele în linie ; *b* — cu fazele alăturate.

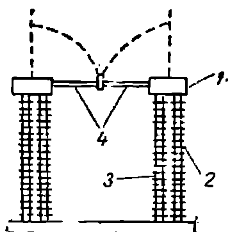


Fig. 3.3.11. Separator monopolar de exterior cu cuţit de punere la pămînt tip SMEP 400 kV:
1 — capul de acţionare ; *2* — izolator de transmiterea mişcării de la dispozitivul tip ASE la capul de acţionare *1* ; *3* — izolator de susţinere a capului de acţionare *1* ; *4* — cuţite.

Capul de acţionare *1* este sprijinit pe trei izolatoare. Izolatorul *2* transmite mişcarea de la dispozitivul de acţionare tip ASE la capul *1*, printr-o mişcare de rotaţie în jurul axei proprii.

Celelalte două izolatoare, notate cu *3* în figură, sînt aşezate paralel, unul lîngă altul şi susţin capul *1*. Printr-un sistem cinematic aflat în interiorul capului *1*, mişcarea de rotaţie a izolatorului *2* se transformă într-o mişcare în plan vertical a cuţitelor *4*.

Principalele caracteristici tehnice ale separatoarelor de 35÷400 kV sînt prezentate în tabelul 3.3.4.

Acţionarea separatoarelor de exterior de 35—400 kV. Separatoarele de 35—400 kV pot fi acţionate conform indicaţiilor din tabelul 3.3.5.

Schema electrică a dispozitivului de acţionare cu servomotor tip ASE este indicată în fig. 3.3.12.

Tabelul 3.3.4

Caracteristicile tehnice principale ale separatoarelor de înaltă tensiune fabricate în R.S.R.

Tipul separatorului	U_n	I_n	Curentul de stabilitate termică	Curentul de stabilitate dinamică
	[kV]	[A]	[kA]	[$kA_{max.}$]
SME	35	1 250	30	75
SMEP	66	1 250	30	75
STE	110	1 250	30	75
STEP		1 600	40	100
STEP	132	1 250	30	75
SME	220	1 600	31,5	80
SMEP	400	1 600	40	100

Tabelul 3.3.5

Dispozitive de acționare ale separatoarelor

Tip separator	Dispozitiv de acționare	Dispozitiv de acționare			
		manual	pneumatic		servomotor
		AME-5	AP-4	AP-5	ASE
SME ; SMEP ; STE ; STEP ; 35 ; 66 kV	Cuțite principale	×	×	—	×
	Cuțite de legare la pămînt	×	×	—	—
SME ; SMEP ; STE ; STEP —110 ; 132 kV	Cuțite principale	×	—	×	×
	Cuțite de legare la pămînt	×	—	×	×
SME ; SMEP 220 kV	Cuțite principale	—	—	×	×
	Cuțite de legare la pămînt	×	—	×	×
SME ; SMEP 400 kV	Cuțite principale	—	—	—	×
	Cuțite de legare la pămînt	—	—	—	×

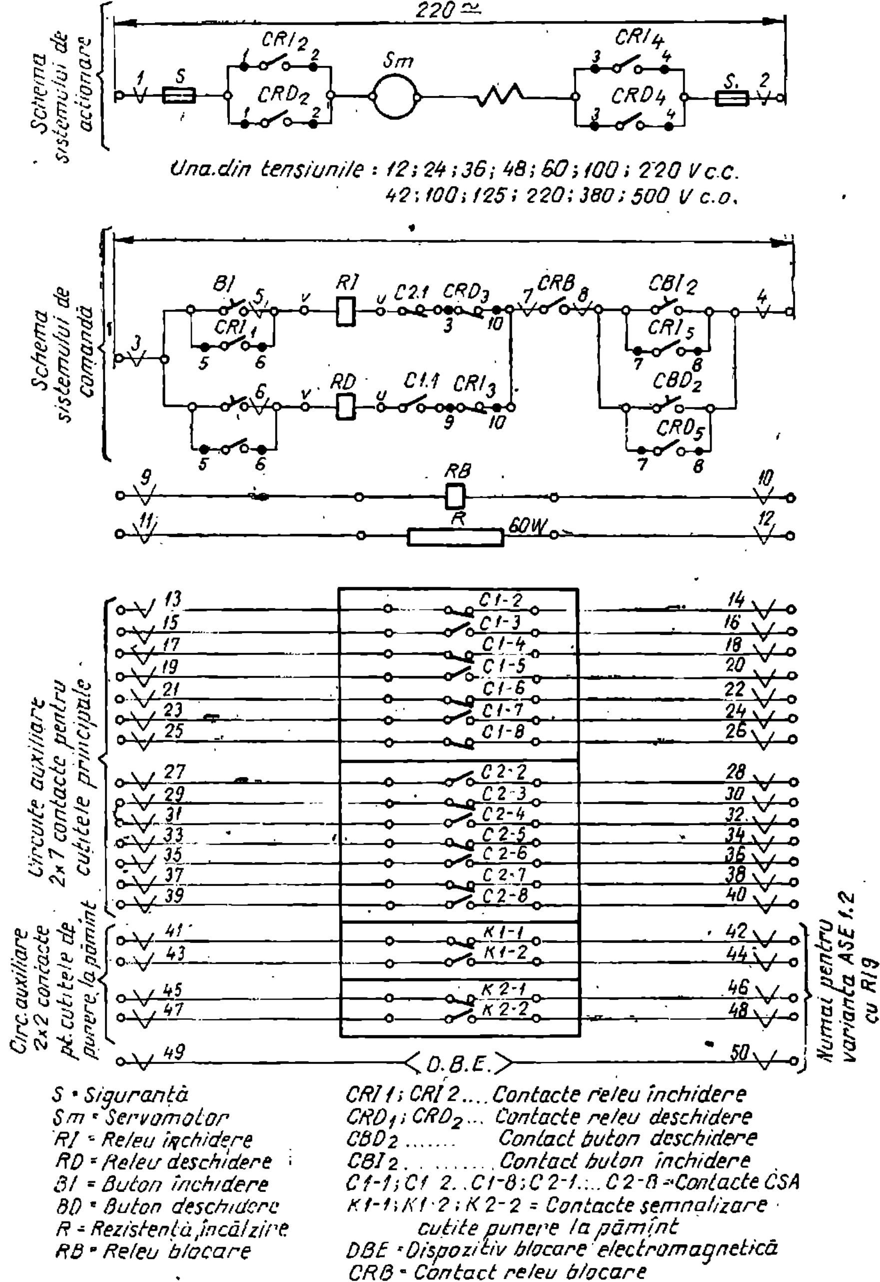


Fig. 3.3.12. Schema electrică a dispozitivului tip ASE.

3.3.3. ÎNTRERUPTOARE DE ÎNALTĂ TENSIUNE

Întreruptoarele sînt aparate electrice de comutaţie destinate să conecteze, să suporte şi să întrerupă curenţii de sarcină şi de defect care apar în reţea.

Funcţiunea cea mai importantă a întreruptoarelor este întreruperea automată a circuitelor electrice în momentul apariţiei curenţilor de scurtcircuit. Întreruperea curenţilor de defect se realizează de regulă folosind momentul trecerii naturale a acestui curent prin zero. Este deosebit de important ca stingerea arcului electric să se facă pe cît posibil la prima trecere a curentului de defect prin zero, deoarece energia degajată de arc este teoretic nulă în acest moment. Acest lucru este posibil numai prin obţinerea unei rigidităţi cît mai mari a spaţiului dintre contactele întreruptorului în momentul deschiderii acestuia.

Principalele caracteristici tehnice ale întreruptoarelor sînt :

— *Tensiunea nominală* [kV]. Este tensiunea de funcţionare în regim nominal. Ea poate lua una din valorile : (3) ; 6 ; 10 ; (15) ; 20 ; (25) ; (30) ; (35) ; (60) ; 110 ; 120 ; 400 kV. Valorile din paranteză se vor evita, ele nefiind mărimi standardizate.

— *Curentul nominal* [A]. Este curentul de funcţionare în serviciu continuu. El poate lua una din valorile : 400 ; 630 ; 800 ; 1 250 ; 1 600 ; 2 000 ; 2 500 ; 3 150 ; 4 000 ; 5 000 ; 6 300 A.

— *Frecvenţa nominală* [Hz]. Este frecvenţa de lucru în serviciu continuu. La noi în ţară frecvenţa standardizată este de 50 Hz.

— *Nivelul de izolaţie nominal.* Reprezintă valoarea tensiunii de ţinere la impuls normalizat pozitiv şi negativ şi de ţinere 1 minut la frecvenţa industrială, pe care trebuie s-o suporte izolaţia unui întreruptor destinat a fi utilizat într-o reţea expusă la supratensiuni de origine atmosferică.

— *Capacitatea nominală de rupere a curenţilor de scurtcircuit.* Reprezintă curentul cel mai mare pe care întreruptorul este capabil să-l întrerupă în cazul unui scurtcircuit. Capacitatea nominală de rupere la scurtcircuit se exprimă prin două valori ale curentului de rupere măsurate în momentul separării contactelor întreruptorului :

a) valoarea eficace a componentei periodice [kA], care poate avea una din valorile: 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 35; 40; 50; 63; 80; 100;

b) valoarea procentuală a componentei aperiodice, care se determină conform STAS 3684.

— *Capacitatea nominală de închidere la scurtcircuit.* Reprezintă de 2,5 ori valoarea eficace a componentei periodice a capacităţii sale de rupere nominale la scurtcircuit.

— *Secvenţa nominală de manevră.* Reprezintă posibilităţile de acţiune ale întreruptorului în caz de defect. Pentru întreruptoarele de

construcție românescă sînt adoptate de regulă următoarele două secvențe nominale :

D — 3 min — ID — 3 min — ID, la întreruptoarele ce nu vor funcționa în regim de RAR.

D — 0,3 s — ID — 3 min — ID, la întreruptoarele ce vor funcționa în regim de RAR.

În ambele secvențe, D reprezintă operația de deschidere, iar ID — operația de închidere urmată imediat de operația de deschidere.

— *Durata admisibilă nominală a curentului de scurtcircuit.* Reprezintă timpul în care întreruptorul fiind închis, poate suporta fără deteriorări un curent egal cu capacitatea sa nominală de rupere la scurtcircuit.

— *Durata nominală de închidere.* Reprezintă intervalul de timp dintre momentul în care mărimea care lucrează asupra dispozitivului de acționare a întreruptorului atinge valoarea de lucru și momentul în care contactele întreruptorului se închid, stabilind circuitele la toți polii.

— *Durata nominală de deschidere.* Este intervalul de timp dintre momentul în care mărimea care lucrează asupra dispozitivului de acționare a întreruptorului atinge valoarea de lucru și momentul în care contactele întreruptorului se separă, întrerupînd circuitele la toți polii.

— *Durata nominală de întrerupere.* Reprezintă intervalul de timp dintre momentul în care mărimea care lucrează asupra dispozitivului de acționare a întreruptorului atinge valoarea de lucru și sfîrșitul circulației de curent la toți polii.

Simbolurile întreruptoarelor de fabricație românească sînt formate din trei părți :

Literele din prima parte a simbolului au următoarea semnificație :

— prima literă : I — întreruptor ;

— a doua literă : O—ortojector ; S—de sarcină ; UP—cu ulei puțin.

— a treia literă : M — variantă modernizată ; R — cu resort ; P — mediu poluant ; PN — acționat pneumatic etc.

Cifrele și literele din a doua parte a simbolului indică tensiunea nominală în kV și curentul nominal în A.

Partea a treia poate indica : tipul mecanismului de acționare al întreruptorului, poziția de montaj a mecanismului de acționare față de întreruptor, destinația întreruptorului, caracteristicile unor elemente ale mecanismului de acționare, specificarea liniei de fugă mărită a izolatoarelor întreruptorului etc.

Întreruptoarele pot fi clasificate după mai multe criterii :

a) după numărul de poli : întreruptoare mono-, bi- sau tripolare.

b) după felul instalației : întreruptoare de interior sau de exterior.

c) după nivelul de izolație : întreruptoare cu izolație normală și cu izolație întărită.

d) după modul de acţionare : cu acţionare monofazică sau cu acţionare trifazică.

e) după mediul de stingere a arcului electric, întreruptoarele pot fi :

— întreruptoare cu mediu de stingere lichid (ulei, apă etc.) ;

— întreruptoare cu mediu de stingere gazos (hexafluorură de sulf, aer comprimat etc.) ;

— întreruptoare cu vid ;

— întreruptoare cu mediu de stingere gazogenerator ;

— întreruptoare cu suflaj magnetic.

3.3.3.1. ÎNTRERUPTOARE CU MEDIU DE STINGERE LICHID

Marea majoritate a întreruptoarelor cu mediu de stingere lichid o constituie întreruptoarele cu ulei. Aceste întreruptoare se realizează în două variante :

— întreruptoare cu ulei mult ;

— întreruptoare cu ulei puţin.

Întreruptoare cu ulei mult. Pot fi construite la rîndul lor în variante fără, sau cu cameră de stingere.

La întreruptoarele cu ulei mult fără cameră de stingere, uleiul este utilizat atît ca mediu de stingere, cît şi ca mediu izolant, arcul electric format la deschiderea contactelor fiind un arc liber ce se dezvoltă în masa de ulei. Ele sînt folosite destul de rar, în instalaţii de 6÷20 kV.

La întreruptoarele cu ulei mult cu cameră de stingere, stingerea arcului electric are loc în camerele de stingere prin autosuflaj. Autosuflajul se realizează de regulă prin deplasarea arcului electric spre mediul de stingere (ulei), ca urmare a acţiunii forţelor electrodinamice produse de curentul întrerupt sau datorită presiunii formate de arc.

Datorită volumului mare de ulei necesar, datorită pericolului pronunţat de incendiu, ca şi datorită exploatării mai dificile, fabricarea şi utilizarea întreruptoarelor cu ulei mult s-a redus considerabil în ultimele decenii.

Întreruptoare cu ulei puţin. Utilizează uleiul numai ca mediu de stingere, izolaţia părţilor sub tensiune realizîndu-se prin folosirea unor izolatoare de porţelan, răşini sintetice sau alte materiale.

Stingerea arcului electric are loc în camera de stingere care poate fi :

— cu suflaj transversal ;

— cu suflaj longitudinal ;

— cu suflaj combinat, transversal şi longitudinal.

În continuare vom prezenta cîteva din cele mai folosite tipuri de întreruptoare cu ulei puţin din ţara noastră.

Întreruptoare IO-110—400 kV, 1 600 A. Sînt destinate a funcţiona în instalaţiile exterioare de 110, 220 şi 400 kV.

Principalele caracteristici tehnice ale întreruptoarelor IO 110—400 kV sînt date în tabelul 3.3.6.

Tabelul 3.3.6

Caracteristicile tehnice principale ale întreruptoarelor tip IO 110 ... 400 kV

Tipul întreruptorului			IO-110 kV	IO-220 kV	IO-400 kV
Număr de poli			3	3	3
Tensiunea nominală [kV]			110	220	400
Nivel de izolaţie nominal	50 Hz [kV]		230	460	680
	1,2/50 μS [kV_{max}]		550	1 050	1 550
Curent nominal [A]			1 600	1 600	1 600
Capacitatea nominală de rupere a curenţilor liniilor în gol [A]			35	130	400
Capacitatea nominală de rupere a curenţilor cablurilor în gol [A]			140	250	400
Capacitatea de rupere a curenţilor bateriilor de condensatoare [A]			400	—	—
Capacitatea nominală de rupere a curenţilor mici inductivi [A]			2—15	2—15	2—15
Capacitatea nominală de rupere a curenţilor de scurtcircuit la borne [kA]			31,5	31,5	31,5
Capacitatea de deconectare a defectului kilometric			da	da	da
Capacitatea de închidere pe scurtcircuit [kA_{max}]			80	80	80
Secvenţa nominală de manevră	I	D-3 min-ID-3 min-ID	—	—	—
	II	D-0,3 s-ID-3 min-ID	II	II	II
Durata admisibilă a curentului de scurtcircuit [s]			3,64	3,64	3,64
Durata nominală de închidere [ms]			125	120	115
Durata nominală de deschidere [ms]			38	36	41
Durata nominală de întrerupere [ms]			58	56	61

Construcţia întreruptoarelor IO 110÷400 kV — 1600 A. Întreruptoarele din seria IO 110—400 kV sînt construite pe principiul elementelor modulare, astfel că luînd ca bază întreruptorul IO-110 kV,

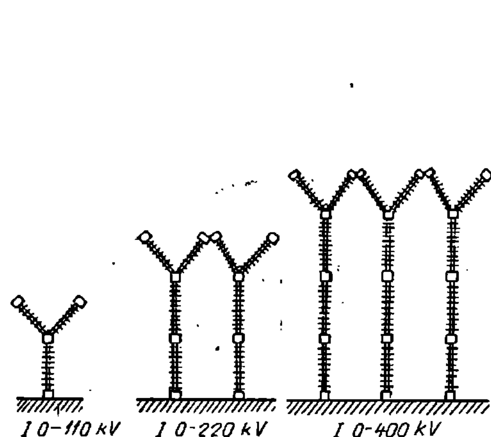


Fig. 3.3.13. Reprezentarea schematică a întreruptoarelor IO 110...400 kV.

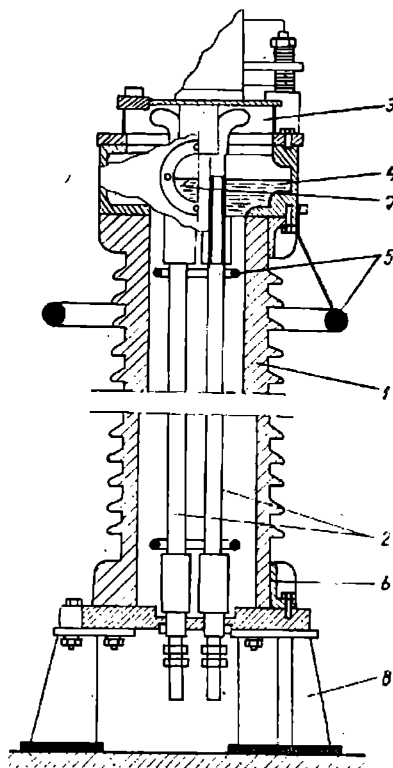


Fig. 3.3.14. Coloana izolantă a întreruptorului IO 110 kV :
1 — carcasă de porţelan ; 2 — tub izolant de înaltă presiune ; 3 — capac superior ; 4 — rezervor de ulei ; 5 — inel de protecţie ; 6 — capacul interior ; 7 — vizorul de ulei ; 8 — şasiul.

prin adăugarea pe fiecare fază a unor elemente modul asemănătoare, s-au obţinut întreruptoarele IO-220 şi IO-400 kV. Pentru a ilustra acest fapt, în fig. 3.3.13 s-a reprezentat schematic cîte o fază a fiecărui tip de întreruptor din seria IO 110—400 kV.

Acţionarea acestor întreruptoare se face în mod obişnuit cu un dispozitiv oleopneumatic tip MOP-1, pentru întreruptoarele IO-110 kV şi în mod obligatoriu cu cîte trei dispozitive MOP-1 pentru întreruptoarele IO-220 şi IO-400 kV.

În primul caz acţionarea este trifazică, în al doilea, ea este monofazică. În cazuri speciale, cînd este nevoie de o acţionare monofazică la întreruptoarele de 110 kV, pentru acţionarea întreruptorului vor fi folosite 3 dispozitive MOP-1.

În cele ce urmează, pentru simplificarea expunerii va fi prezentat numai întreruptorul IO-110 kV, pentru celelalte tipuri neexistînd deosebiri esențiale în prezentare și funcționare.

Coloana izolantă (fig. 3.3.14) este modulul care susține cele două camere de stingere în V, și care asigură izolația acestora față de pămînt. În compunerea ei intră carcasa de porțelan *1*, tuburile izolante de înaltă presiune *2*, capacul superior *3*, rezervorul de ulei *4*, inelele de protecție *5*, capacul interior *6* și vizorul de ulei *7*.

Pentru susținerea a două camere de stingere în V, întreruptoarele IO-220 kV dispun de două astfel de coloane suprapuse, iar întreruptoarele IO-400 kV — de trei coloane suprapuse.

Coloanele izolante sînt etanșe, fiind umplute cu ulei în fabrica constructoare. Ele se fixează pe șasiul *S*, realizat din profile de oțel sudate.

Ansamblul camere de stingere în V — mecanism de acționare (fig. 3.3.15) este cel de al doilea modul al întreruptorului.

El este compus din carcasa metalică (carterul) *1*, mecanismul hidraulic de acționare *2*, contactul mobil *3*, mecanismul de transmitere a mișcării *4*, dispozitivul de ghidaj *5*. În carter se află o anumită cantitate de ulei. Nivelul acestuia poate fi urmărit la indicatorul de nivel *6*.

Pe carter sînt fixate două camere de stingere așezate în V. În compunerea acestora intră un izolator de porțelan *7*, care conține un tub izolant de rezistență *8*, camera de stingere *9*, contactul fix superior *10*, contactul mobil *3*, carterul inferior *11* și carterul superior *12*. Nivelul uleiului în carterul superior poate fi urmărit la indicatorul de nivel *13*.

În carterul superior, deasupra camerei de stingere *9*, se află dispozitivul anticavitațional *14*, care are rolul de a ușura stingerea arcului electric format la declanșarea întreruptorului, printr-o injecție suplimentară de ulei în camera de stingere.

Funcționarea întreruptoarelor IO 110—400 kV. Închiderea sau deschiderea întreruptoarelor din seria IO 110—400 kV, se bazează pe eliberarea energiei oleopneumatice înmagazinate în acumulatorul mecanismului de acționare MOP-1, pe cele două fețe ale unui piston cu dublu efect (mecanismul hidraulic de acționare *2* din fig. 3.2.15). Energia este transmisă prin intermediul tuburilor de înaltă presiune *2* (fig. 3.3.14).

Închiderea. Ca urmare a faptului că energia oleopneumatică acționează asupra pistonului cu dublu efect, tijele contactului mobil *3* ale celor două camere de stingere se deplasează în sus, pătrunzînd în contactele fixe superioare *10*, stabilind contactul. În același timp, dispozitivele anticavitaționale *14* se umplu cu ulei. Poziția închisă a contactului, este menținută cu ajutorul dispozitivului de zăvorire *15*.

D e s c h i d e r e a. Energia oleopneumatică acţionează pe cealaltă faţă a pistonului cu dublu efect care intră în compunerea mecanismului hidraulic de acţionare *2* (fig. 3.3.15), astfel că tija contac-

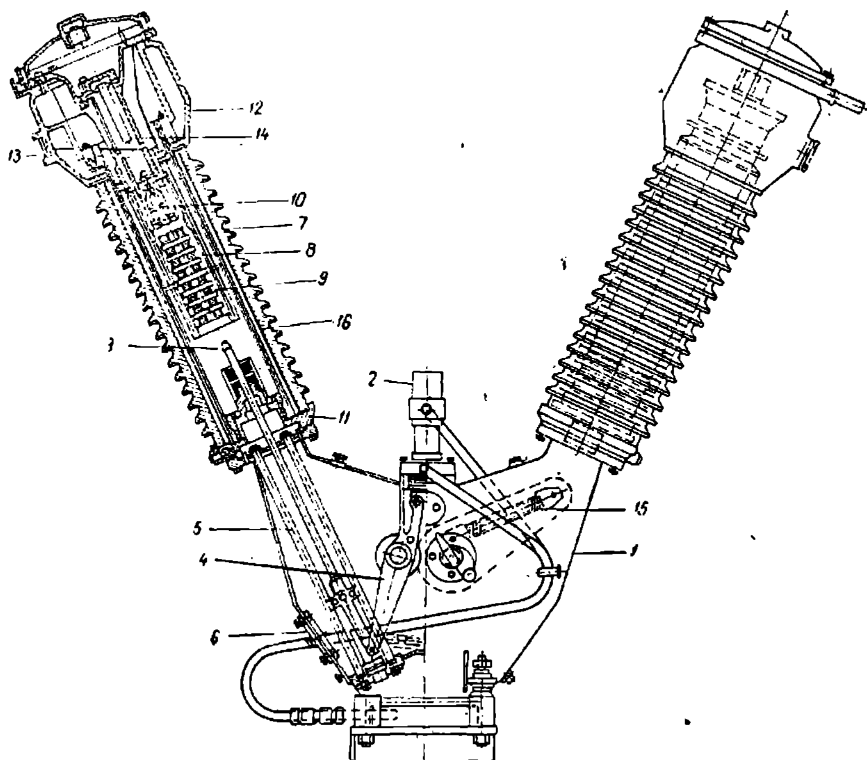


Fig. 3.3.15. Ansamblul camere de stingere în V — mecanism de acţionare: *1* — carcasa metalică (carter); *2* — mecanismul hidraulic de acţionare; *3* — contact mobil; *4* — mecanismul de transmitere a mişcării; *5* — dispozitivul de ghidaj; *6* — indicator de nivel; *7* — izolatorul de porţelan al camerelor de stingere; *8* — tub izolant de rezistenţă mare; *9* — camera de stingere; *10* — contact fix superior; *11* — carterul inferior; *12* — carterul superior; *13* — indicatorul de nivel în carterul superior; *14* — dispozitiv anticavitaţional; *15* — dispozitiv de zăvorire; *16* — spaţii de lucru.

tului mobil *3* se va deplasa brusc în jos, deschizînd contactul. Arcul electric format se dezvoltă în uleiul din camera de stingere, determinînd vaporizarea acestuia. Prin vaporizare, uleiul produce suflajul arcului, care este stins. Tija contactului mobil deplasîndu-se în jos, dispozitivul anticavitaţional *14* va trimite uleiul proaspăt în camera de stingere, grăbindu-se prin aceasta stingerea arcului electric.

Datorită faptului că la un scurtcircuit gazele rezultate la stingerea arcului au o mare presiune, acestea închid o supapă care obturează legătura hidraulică dintre spațiul *16* delimitat de izolatorul de porțelan *7* și exteriorul tubului izolant de rezistență *8*, care conține camera de stingere *9*. Prin aceasta se realizează protejarea izolatorului de porțelan *7*, pentru a nu fi spart de presiunea foarte mare a gazelor care se formează în camera de stingere.

Fiecare cameră de stingere este construită pentru o tensiune de serviciu de 85 kV. Rezultă că pentru tensiunea de 110 kV, cele două camere în V înseriate ale unui întreruptor IO-110 sînt suficiente.

La tensiunea de 220 sau 400 kV, pe fiecare din camerele de stingere este montat cîte un condensator de șuntare. El are rolul de a îmbunătăți repartiția tensiunii de restabilire pe camerele de stingere înseriate. Aceste condensatoare sînt de construcție etanșă, incluzînd capacități elementare înseriate, construite din folie de aluminiu și hîrtie în ulei. Un burduf de cauciuc preia dilatările uleiului.

Dispozitivul de acționare MOP-1. Așa cum s-a menționat în paragrafele precedente, funcționarea dispozitivului MOP-1 se bazează pe eliberarea energiei acumulate sub formă de gaz comprimat (azot), care este transmisă prin intermediul unui fluid de lucru (ulei) la întreruptorul IO 110—400 kV.

În fig. 3.3.16 este prezentată dispunerea elementelor hidraulice care intră în compunerea dispozitivului MOP-1.

În fig. 3.3.17 este prezentată schema de principiu hidraulică și electrică a mecanismului MOP-1.

Ținînd seama de instrucțiunile de exploatare ale fabricii constructoare, în continuare se prezintă funcționarea dispozitivului MOP-1.

Închiderea. Prin apăsarea butonului de închidere *BI*, se alimentează electromagnetul de închidere *I*. Această comandă este menținută pînă la închiderea întreruptorului, prin intermediul dispozitivului de semnalizare *DS*, care-și schimbă poziția numai cînd întreruptorul se închide.

Electromagnetul de închidere *I* acționează asupra valvei de închidere *VI*, care, prin intermediul butonului *1*, începe să obtureze orificiul *2* și deschide bila *3*. Uleiul de înaltă presiune din conducta *4* trece, pe de o parte, în conducta *6*, pentru a elimina o eventuală comandă de deschidere și pe de altă parte, traversează clapetele *7* și *5*. Uleiul sub presiune acționează asupra pistonului *9*, care deplasează de pe scaunul ei bila *12*, obturează orificiul *10* și în același timp,

prin intermediul conductei *8*, așază pe scaunele lor clapetele *33* și *3* Uleiul sub presiune trece apoi din conducta *13*, ocolește bila *12*, pune sub presiune conducta *14* spre clapeta *34* și acționează asupra pistonu-

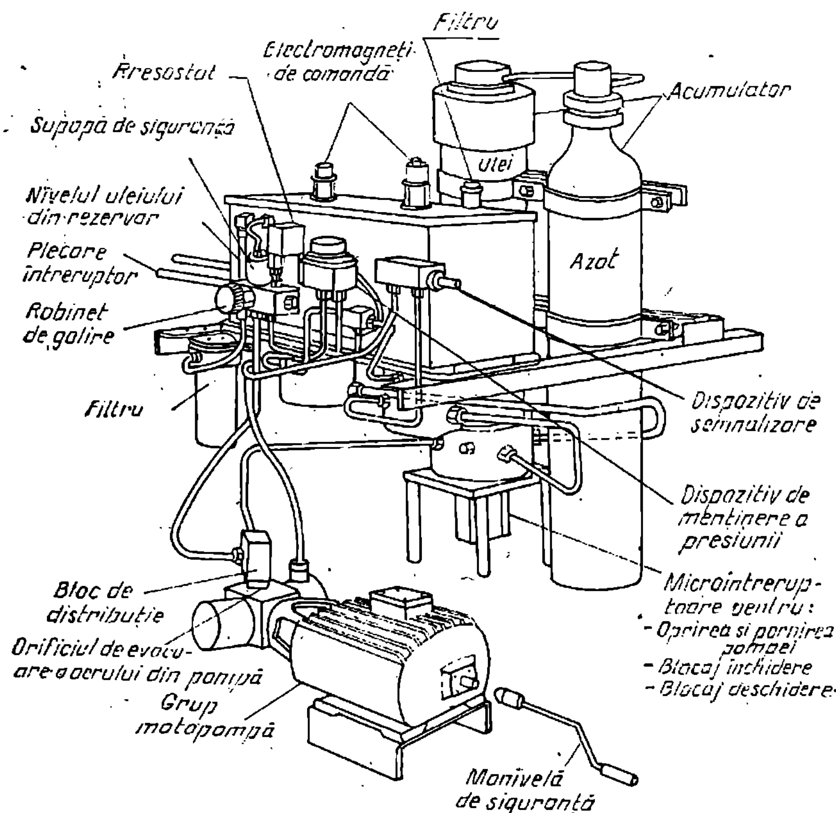


Fig. 3.3.16. Elementele componente ale dispozitivului MOP-1.

lui *18*, care se așază pe scaunul său *16* și deschide clapeta *19*, tăind comunicația înaltei presiuni cu camera *15*.

Uleiul de înaltă presiune care sosește prin conducta *20* ocolește clapeta *19* și alimentează mecanismul cu piston cu dublu efect *DP* și dispozitivul de semnalizare *DS* prin intermediul conductelor *21* și *22*.

Cu puțin timp înainte de terminarea închiderii, contactul *CS* acționat de dispozitivul *DS* întrerupe circuitul electromagnetului *I*, fapt

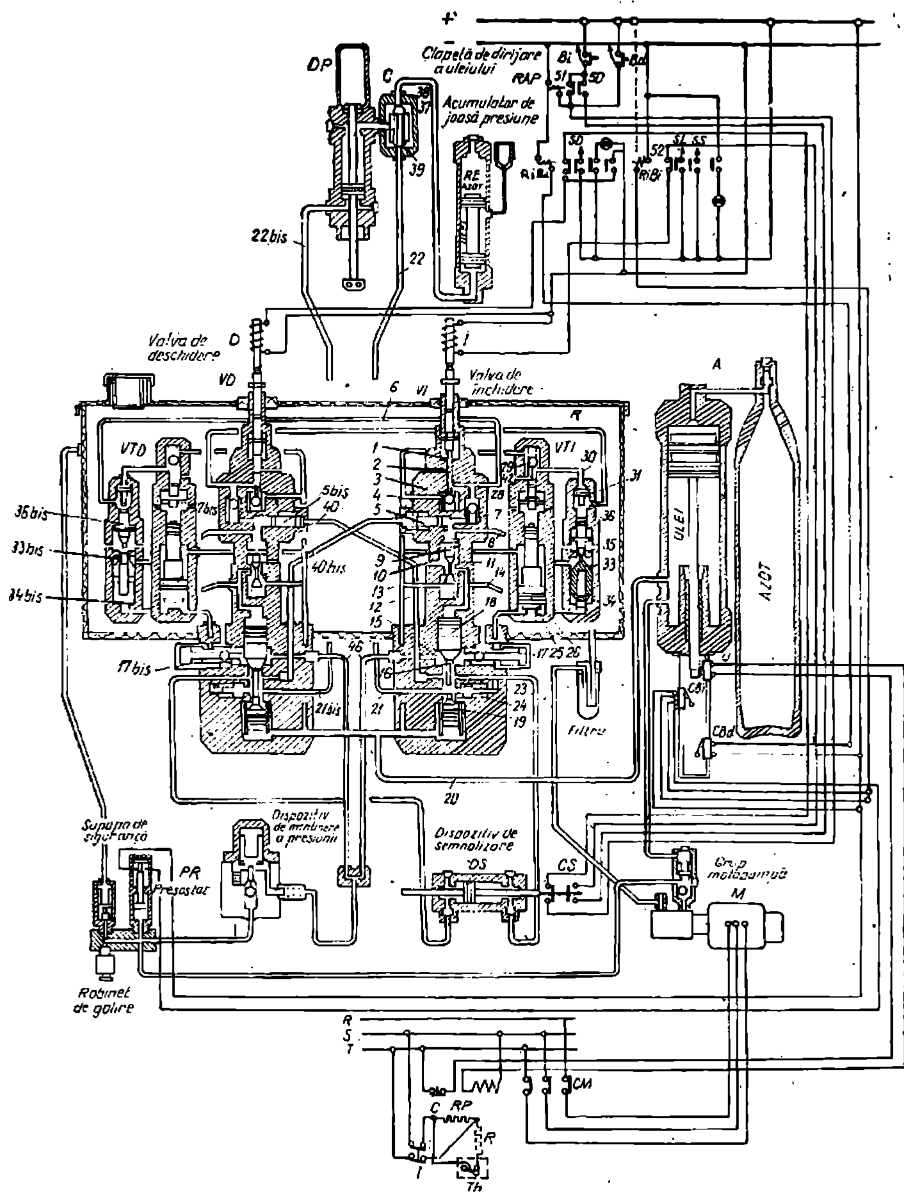


Fig. 3.3.17. Schema de principiu a dispozitivului MOP-1. Ciclul închidere-deschidere.

care determină ridicarea butonului *1* în sus. Bila *3* revine în poziția inițială, dar datorită clapetelor *7* și *5*, pistonul *9* nu revine înapoi. Întoarcerea uleiului din dispozitivul *DS* se face spre rezervorul *R* prin clapeta *17 bis*.

Închiderea simplă. Se presupune că nu s-a dat o comandă de deschidere prealabilă. În momentul cînd pistonul *25* al valvei de temporizare *VTI* își termină cursa, el lovește pistonul *28* obturînd orificiul *42* spre rezervorul *R* și deschizînd bila *29* (timpul cursei pistonului *25* este mai mare decît al mecanismului *DP*). Uleiul de înaltă presiune ajunge astfel din conducta *4* în conducta *30* și acționează pe pistonul *31*, care prin intermediul pistonului *36* deschide clapeta *33* și așază clapeta *34* pe scaunul său.

În urma acestor operații uleiul cu presiune ridicată din conducta *8* se destinde în rezervorul *R* prin orificiul *33*; fapt care determină ridicarea pistonului *9* și deschiderea orificului *10*. Prin acest orificiu, uleiul din conducta *14* se destinde, ajungînd la presiunea rezervorului *R*. Pistonul *18* se ridică, iar clapeta *19* revine la poziția inițială. Prin clapeta *17* se destinde în rezervorul *R*, uleiul din conductele *12*, *22* și *23*.

În momentul cînd uleiul din spațiul *26* ajunge la o presiune suficient de slabă, pistonul *25* este împins cu rapiditate în jos datorită presiunii ridicate care sosește prin conducta *13*, iar țeava *30* este pusă la presiunea rezervorului prin orificiul *42*. Pistoanele *31* și *36* se ridică, iar clapeta *33* revine la poziția inițială și întreg ansamblul revine la starea inițială.

Închiderea pe scurtcircuit. Presupunem situația în care comanda de deschidere de la protecție a survenit cînd circuitul electromagnetului de închidere *I* este întrerupt. Pistonul *36* se alimentează în această situație de la valva de deschidere *VD*, deschizînd clapeta *33* și așezînd clapeta *34* pe scaunul său. Uleiul din conducta *8* se destinde la presiunea rezervorului *R*, revenirea la starea de repaus a valvei de închidere *VI* făcîndu-se ca mai sus.

Comanda de deschidere se va executa în momentul cînd presiunea în conducta *40* este suficient de slabă pentru ca clapeta *5 bis* să revină în poziția de repaus, permițînd executarea deschiderii.

Deschiderea. Prin închiderea butonului *BD* se alimentează cu tensiune electromagnetul de deschidere *D*, care acționează asupra valvei de deschidere *VD*. Funcționarea valvei este identică cu cea descrisă anterior. Cu puțin înainte de terminarea deschiderii, contactul de semnalizare *CS* este acționat de dispozitivul de semnalizare *DS* și întrerupe circuitul electromagnetului de deschidere *D*. Valva pilot revine în poziția de repaus.

Alimentarea mecanismului cu piston *DP* se face în felul următor: datorită presiunii ridicate care vine din acumulator prin conductele *21 bis* și *22 bis*, uleiul sub înaltă presiune este dirijat automat spre pistonul mecanismului hidraulic de acționare *DP*.

Uleiul care vine din mecanismul *DP* se întoarce aproape în totalitate în mecanismul *RE* prin diafragma *38*. Cînd pistonul din mecanismul *DP* își termină cursa, rezervorul *RE* restituie uleiul în rezervorul *R*, prin intermediul diafragmelor *38*, *39*, al conductei *22* și bilei *17*.

D e s c h i d e r e a s i m p l ă. În cazul în care nu este dată nici o comandă de reînchidere, terminarea cursei de deschidere este asigurată de existența clapetelor *7 bis*, *34 bis* și a valvei *VTD* de deschidere.

D e s c h i d e r e a u r m a t ă d e r e î n c h i d e r e a r a p i d ă. În cazul cînd deschiderea este urmată de o comandă de reînchidere, aceasta elimină comanda de deschidere datorită acțiunii pistonului *36 bis* asupra clapetelor *33 bis* și *34 bis*. Comanda de reînchidere se va executa numai cînd presiunea din conducta *40 bis* a scăzut suficient de mult astfel încît clapeta *5* să revină la poziția inițială, fapt care va permite executarea unui ciclu obișnuit de închidere.

P r o t e c ț i a c o n t r a s ă r i t u r i l o r. Este realizată cu ajutorul releului de antipompaj *RAP*, care este alimentat simultan cu electromagnetul de deschidere *D*. Prin contactul normal închis *50* al releului *RAP*, comanda de închidere este eliminată în timpul manevrei de deschidere (în schema prezentată, contactul *50* este deschis, deoarece întreruptorul este închis). Releul *RAP* se alimentează prin contactul normal deschis *51* (vezi observația precedentă) atît timp cît butonul de închidere *BI* este închis, nepermițînd o nouă închidere.

B l o c a j u l. Blocajul dispozitivului MOP-1 poate avea loc fie la închiderea, fie la deschiderea întreruptorului.

B l o c a j u l l a î n c h i d e r e. Blocajul la închidere are loc în urma scăderii presiunii azotului din acumulatorul *A*. Presostatul *PR* își închide contactul *pr* punînd sub tensiune releul de blocaj la închidere *RIBi*, care nu permite efectuarea comenzii de închidere, datorită contactului *52* al releului *RIBi*. Pentru semnalizare, releul *RIBi* are o serie de contacte cu semnalizare instantanee, iar altele cu acțiune temporizată.

Închiderea întreruptorului poate fi blocată și prin închiderea microîntreruptorului *CBi* în situația în care volumul de ulei din acumulator nu este suficient pentru a asigura o manevră corectă.

Caracteristicile tehnice principale ale întreruptoarelor tip IUP 110 kV

Tipul întreruptorului		IUP-110/1250 DPE	IUP-110/1250 cu MR-4
Număr de poli		3	3
Tensiunea nominală [kV]		110	110
Nivel de izolaţie nominal	50 Hz [kV]	230	230
	1,2/50 μS [kV_{max}]	550	550
Curent nominal [A]		1 250	1 250
Capacitatea nominală de rupere a curenţilor liniilor în gol [A]		35	35
Capacitatea nominală de rupere a curenţilor cablurilor în gol [A]		—	—
Capacitatea de rupere a curenţilor bateriilor de condensatoare [A]		—	
Capacitatea nominală de rupere a curenţilor mici inductivi [A]		2—15	2—15
Capacitatea nominală de rupere a curenţilor de scurtcircuit la borne [kA]		16	16
Capacitatea de deconectare a defectului kilometric		nu	nu
Capacitatea de închidere pe scurtcircuit [kA_{max}]		40	40
Secvenţa nominală de manevră	I — D-3min-ID-3min-ID	—	—
	II — D-0,3 s-ID-3 min-ID	da	da
Durata admisibilă a curentului de scurtcircuit [s]		3	3
Durata nominală de închidere [ms]		190	190
Durata nominală de deschidere [ms]		45	45
Durata nominală de întrerupere [ms]		80	80

B l o c a j u l   l a   d e s c h i d e r e. În cazul în care volumul de ulei din acumulator nu este suficient pentru a asigura o manevră corectă, microîntreruptorul *CBd* se închide, alimentînd releul de blocaj la deschidere *RIBd*, prin care contactele sale blochează deschiderea întreruptorului şi totodată transmite semnalizarea „întreruptor blocat".

În fig. 3.3.18 este prezentată schema electrică de comandă cu un MOP-1, pentru varianta trifazată IO-110 kV.

În fig. 3.3.19 este prezentată schema electrică de comandă cu trei MOP-1, pentru varianta monofazată la IO 110—400 kV.

În ambele scheme, întreruptorul este în poziţie deschis presiune normală.

Întreruptoare IUP-110 kV. Este destinat a funcţiona în staţii exterioare la tensiunea de 110 kV. Acţionarea sa se poate face cu dispozitiv de acţionare pneumatic sau dispozitiv de acţionare cu resorturi tip MR-4.

Modul de simbolizare al acestor întreruptoare este : I — întreruptor, U — ulei, P — puţin, prima grupă de cifre reprezintă tensiunea nominală în kV, iar a doua grupă de cifre reprezintă curentul nominal, în A.

Principalele caracteristici tehnice ale întreruptorului IUP-110 sînt prezentate în tabelul 3.3.7.

Construcţia întreruptorului IUP-110 kV. O fază a întreruptorului IUP-110 kV este constituită din ansamblul izolator superior, care conţine camera de stingere, ansamblul carter cu izolatorul inferior şi dispozitivul de acţionare.

A n s a m b l u l   i z o l a t o r   s u p e r i o r   ş i   c a m e r ă   d e   s t î n g e r e. Este reprezentat în fig. 3.3.20.

Stingerea arcului electric dintre contactele întreruptorului se face prin autosuflaj, cu ajutorul unei camere de stingere rigide cu suflaj transversal-axial. Camera de stingere este confecţionată din sticlotextolit.

Cilindrul izolant de pertinax din interiorul izolatorului este montat în vederea protejării acestuia împotriva suprapresiunilor ce iau naştere în momentul ruperii arcului electric în camera de stingere.

A n s a m b l u l   c a r t e r - i z o l a t o r   i n f e r i o r. În situaţia în care întreruptorul IUP-110 kV este acţionat cu dispozitiv cu resorturi MR-4, ansamblul carter-izolator inferior este alcătuit din părţile componente reprezentate în fig. 3.3.21.

+BC
Comandă de închidere (+)
Comandă de deschidere (+)
+BS
Bi
RIi
RIi2
RIBi1
RIi4
RAP2
RAP4
RAP5
RAP
EVi
S1
S2
S3
RIi3
Bd
W
RIBd1
RIBd2
EVd
N
CBi
CBd
RIBi
RIBd
RIBi2
RIBd5
RIBi3
Zi
Zd
-BC
Comandă de închidere (-)
Semnalizare blocaj închidere
-BS
Semnalizare blocaj deschidere
Semnaliz. defect întreruptor

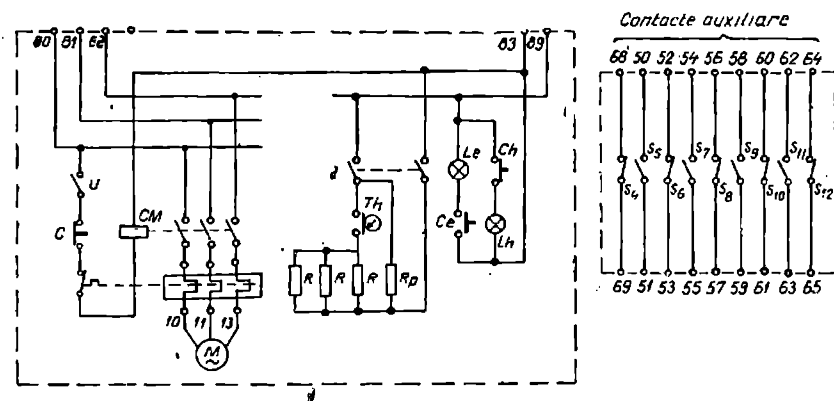


Fig. 3.3.18. Comanda trifazică a întreruptorului IO-110 kV cu un dispozitiv MOP-1.

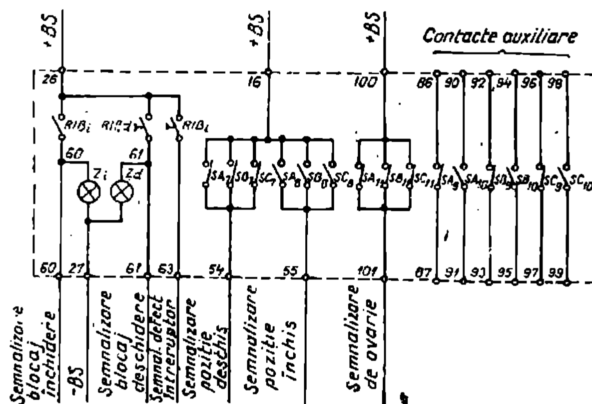


Fig. 3.3.19. Comanda trifazică a întreruptorului IO 110—400 kV cu trei dispozitive MOP-1.

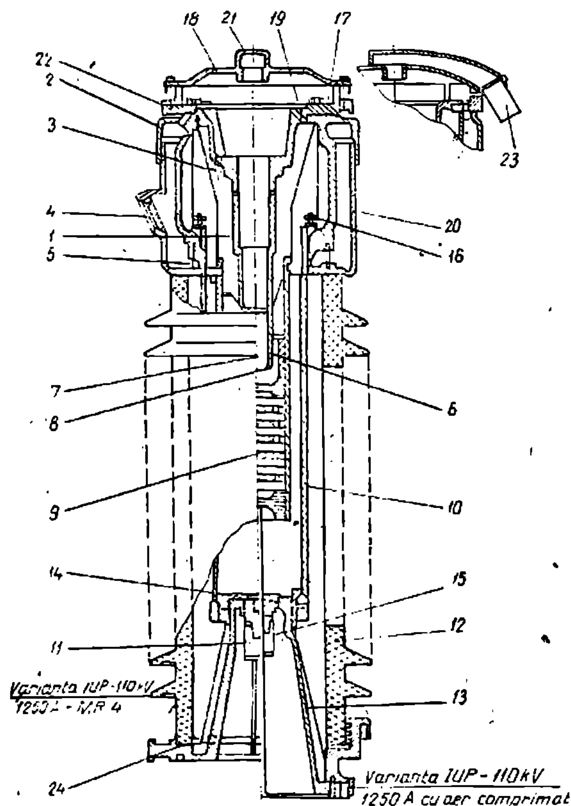


Fig. 3.3.20. Ansamblul izolator superior și camera de stingere la întreruptorul IUP 110 kV:

1 — suport contact superior; 2 — carter superior; 3 — supapă de reîntoarcere a uleiului; 4 — vizorul nivelului de ulei din camera de stingere; 5 — supapă de echilibrare a uleiului; 6 — tub de protecție a degetelor contactului superior; 7 — degete contact fix superior; 8 — inel de protecție superior; 9 — camera de stingere; 10 — cilindru izolant din pertinax; 11 — subansamblu deget de contact glisant inferior; 12 — izolator ceramic; 13 — port contact inferior; 14 — port contact; 15 — tub de protecție inferior; 16 — șurub exagonal pentru strîngerea carterului de nivel pe izolator; 17 — bușon; 18 — capac; 19 — ajutaj pentru eșaparea gazelor; 20 — carter de nivel; 21 — tub de eșapare a gazelor; 22 — bornă de racord; 23 — grilaj; 24 — garnitură.

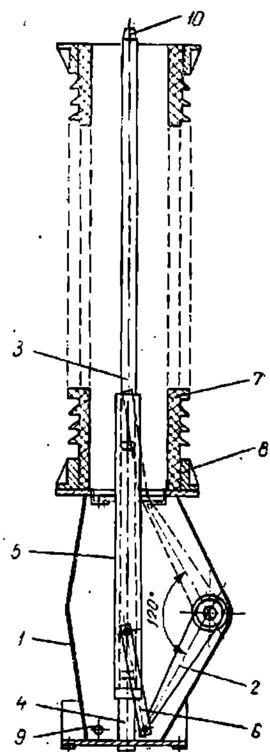


Fig. 3.3.21. Ansamblul carter-izolator inferior la întreruptorul IUP 110 kV acționat cu dispozitiv MR-4:

1 — carter; 2 — manivelă; 3 — contact mobil; 4 — ax pivot; 5 — tub de ghidaj; 6 — bielă; 7 — izolator ceramic; 8 — flanșe; 9 — robinet de golire; 10 — vîrf contact mobil.

În cazul cînd întreruptorul este acționat pneumatic, ansamblul carter-izolator inferior este asemănător.

Dispozitivul de acționare pneumatic. În fig. 3.3.22 este prezentată schema electrică a dispozitivului de acționare pneumatic, cu blocaj electric contra pompajului.

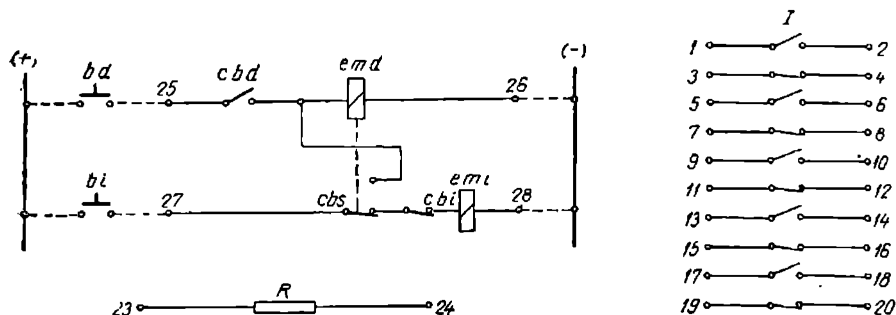


Fig. 3.3.22. Schema electrică a dispozitivului tip DPE :

bd — buton de deschidere : *bi* — buton de închidere ; *cbs* — contacte de blocaj contra pompajului ; *emd* — electromagnet de deschidere ; *emi* — electromagnet de închidere ; *I* — contacte auxiliare dependente de poziția întreruptorului ; *cbi* — contact pentru blocaj închidere ; *cbd* — contact pentru blocaj deschidere.

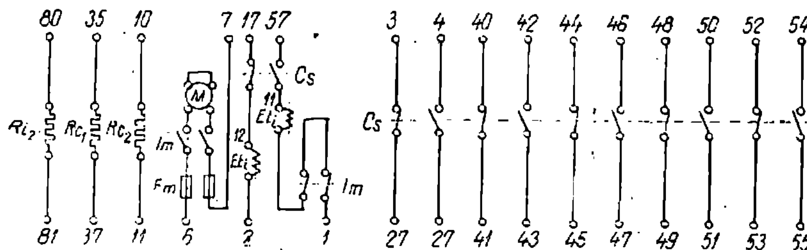


Fig. 3.3.23. Schema electrică a dispozitivului tip MR-4 :

Etd, Eti — electromagnet de deschidere respectiv închidere ; *M* — motor de armare ; *Im* — microîntreruptor pentru motor ; *Fm* — fuzibile pentru motor ; *CS* — comutator de semnalizare cu contacte ; *Rc1, Rc2* — rezistențe de încălzire pentru carter ; *Ri* — rezistență de încălzire pentru dispozitivul de acționare.

Dispozitivul de acționare cu resoarte MR-4. În fig. 3.3.23 este prezentată schema electrică a dispozitivului de acționare MR-4.

Ca și dispozitivul de acționare pneumatic a cărui schemă electrică a fost prezentată în fig. 3.3.22, dispozitivul de acționare cu resoarte MR-4 este un dispozitiv ce acționează o fază a întreruptorului IUP-110.

Funcționarea întreruptorului IUP-110 acționat pneumatic. Î n c h i d e r e a î n t r e r u p t o r u l u i.

Prin acționarea butonului de închidere *Bi* (fig. 3.3.24) este atrasă armătura mobilă *8*, a electromagnetului de închidere *e.m.i.* Ca urmare a acestui fapt, se deschide ventilul *9*, care dă posibilitatea aerului com-

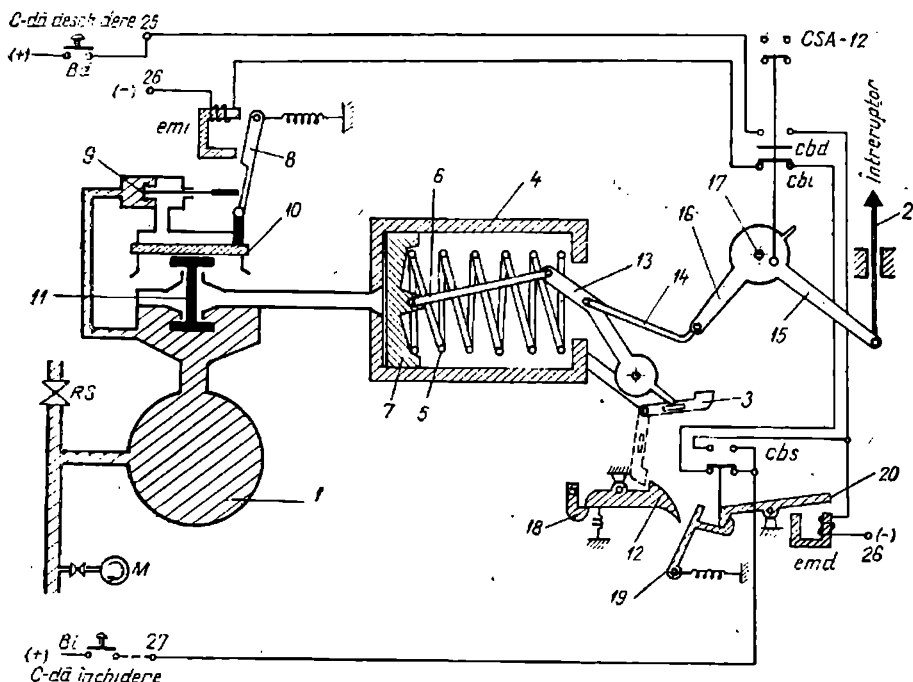


Fig. 3.3.24. Întreruptorul IUP-110 kV acționat cu dispoztiiv tip DPE. Ciclul închidere-deschidere.

primat din rezervorul *1* să pătrundă deasupra membranei de cauciuc *10*. Această membrană se deformează și apasă în jos ventilul *11*, care prin ventilul superior închide comunicarea cu atmosfera, iar prin ventilul inferior permite accesul aerului comprimat din rezervorul *1* în cilindrul *4*. Aerul comprimat acționează asupra pistonului *7* și comprimă resortul de deschidere *5*. Pistonul este ținut în această poziție de clichetul frezat *3* și clichetul de zăvorîre *12*. Cînd pistonul ajunge la sfîrșitul cursei, ventilele *9* și *11* revin în pozițiile inițiale, în timp ce aerul comprimat din corpul ventilelor precum și din conductele de alimentare este refulat prin partea superioară a ventilului *11*.

La sfîrșitul cursei de închidere a pistonului, se deschide contactul de blocaj la închidere *c.b.i*, întrerupînd alimentarea *e.m.i*.

Închiderea propriu-zisă a întreruptorului are loc prin intermediul bielei *6*, manivelei *13*, tijei reglabile *14*, manivelei principale *16*, axului principal *17* și pîrghiei *15*, subansamble care transmit mișcarea la tija contactului mobil *2*.

D e s c h i d e r e a e l e c t r i c ă a î n t r e r u p t o r u l u i. Prin acționarea butonului de declanșare *Bd*, este atrasă armătura mobilă *20* a electromagnetului de deschidere, deblocînd clichetul brațului percutor *19*. Sub acțiunea resortului antagonist, acesta lovește puternic clichetul de zăvorîre *12*, care eliberează clichetul frezat *3*. Ca urmare a acestui fapt, resortul de deschidere *5* se destinde cu mare viteză, producînd prin intermediul mecanismului cinematic, deschiderea întreruptorului.

La sfîrșitul operației de deschidere, contactul de blocaj la deschidere *c.b.d.* se deschide, întrerupînd alimentarea electromagnetului de deschidere *e.m.d.*

D e s c h i d e r e a m e c a n i c ă a î n t r e r u p t o r u l u i. Deschiderea mecanică se face numai în cazuri excepționale, utilizînd tija de acționare manuală. Întrucît operațiunea se execută în apropierea tensiunii înalte, operatorul trebuie să utilizeze o prăjină electroizolantă prevăzută cu un cîrlig la un capăt. Acest cîrlig va fi introdus în ochiul tijei de acționare manuală *18*. Trăgînd puternic, se va produce deschiderea întreruptorului.

Funcționarea întreruptorului IUP-110 acționat cu dispozitiv de acționare cu resoarte MR-4. Dispozitivul cu resoarte MR-4 utilizează pentru acționarea întreruptorului energia acumulată în niște resoarte care sînt armate manual sau prin servomotor electric.

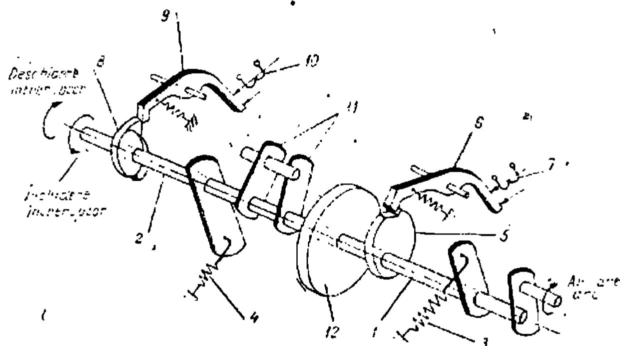


Fig. 3.3.25. Întreruptorul IUP 110 kV acționat cu dispozitiv tip MR-4. Ciclul închidere-deschidere.

În fig. 3.3.25 este prezentat principiul de funcționare al dispozitivelor de acționare cu resoarte din seria MR, MRI și MRL.

Prin armare manuală sau prin servomotor, resortul *3*, acumulează energia necesară efectuării operației de închidere. Cu ajutorul clichetelor *5* și *6*, resortul rămîne în poziția armat.

Închiderea întreruptorului. Are loc în momentul în care acționînd manual sau electric (prin intermediul bobinei de închidere *7*) asupra clichetului *6*, resortul *3* se destinde. Acesta, prin intermediul arborelui motor *1* și al cuplajului comandat *11*, acționează asupra arborelui întreruptorului *2*, fapt care determină închiderea întreruptorului.

În timpul operației de închidere, arborele întreruptorului *2*, produce armarea resortului *4*. Clicheții *8* și *9* mențin zăvorît întreruptorul în poziția închis.

Deschiderea întreruptorului. Are loc în momentul în care clichetul *8* este eliberat, în urma unei comenzi manuale sau electrice (prin intermediul bobinei de deschidere *10*), date asupra clichetului *9*.

Volantul *12* are rolul de a restitui energia înmagazinată la sfîrșitul curselor, cînd resoartele sînt aproape destinse. Prin aceasta se urmărește îmbunătățirea funcționării mecanismului și revenirea lui în pozițiile necesare de repaus.

Dispozitivele de acționare sînt astfel construite încît armarea resortului *3* se face în mod automat, după fiecare operație de închidere a întreruptorului. Acest lucru se realizează prin intermediul microîntreruptorului *Im* (fig. 3.3.23), care este dependent de poziția armată sau nearmată a resortului *3*.

Întreruptoare de medie tensiune IO 10÷20 kV. Sînt întreruptoare tripolare construite pentru tensiuni nominale de 10, 15 și 20 kV și pentru curenți nominali de 630 ; 1 250 ; 2 500 și 4 000 A.

Simbolizarea acestor întreruptoare a fost prezentată la anterior.

Principalele caracteristici tehnice ale acestor întreruptoare sînt indicate în tabelul 3.3.8.

Construcția întreruptoarelor IO 10—20 kV. Ansamblul poli-întreruptor. În fig. 3.3.26 este prezentată vederea de ansamblu a unui întreruptor IO 15—20 kV, 1 250 A,iar în fig. 3.3.27 o secțiune printr-unul din polii aceluiași tip de întreruptor.

Atît vederea de ansamblu cît și secțiunea prin pol sînt relativ asemănătoare la majoritatea tipurilor de întreruptoare prezentate în tabelul 3.3.8.

Caracteristicile tehnice principale ale întreruptoarelor de medie tensiune tip IO fabricate în R.S.R.

Tipul întreruptorului		IO-10/630	IO-10/1250	IO-10/2500	IO-20/630	IO-20/1250	IO-20/2500	IO-12/4000	IOM-24/1250
Număr de poli		3	3	3	3	3	3	3	3
Tensiunea nominală [kV]		10	10	10	20	20	20	12	24
Nivel de izolație nominală	50 Hz [kV]	35	35	35	55	55	55	55	55
	1,2/50 µs [kV_{max}]	75	75	75	125	1 250	1 250	1 250	1 250
Curent nominal [A]		630	1 250	2 500	630	1 250	2 500	4 000	1 250
Capacitatea nominală de rupere a curenților liniilor în gol [A]		—	—	—	—	—	—	—	—
Capacitatea nominală de rupere a curenților cablurilor în gol [A]		—	—	—	—	—	—	—	—
Capacitatea de rupere a curenților bateriilor de condensatoare [A]		—	—	—	175	175	175	—	—
Capacitatea nominală de rupere a curenților mici inductivi [A]		—	—	—	—	—	—	—	—
Capacitatea nominală de rupere a curenților de scurtcircuit la borne [kA]		29	20	29	14,5 (10)	14,5 (10)	14,5	25	6
Capacitatea de deconectare a defectului kilometric		—	—	—	—	—	—	—	—
Capacitaea de închidere pe scurtcircuit [kA_{max}]		72,5	50	72,5	26	26	26	62,5	15
Secvența nominală de manevră	I: D-3 min-ID-3 min-ID	I	I	I	I	I	I	I	I
	II: D-0,3 s-ID-0,3 min-ID	(II)	(II)	—	(II)	—	—	—	(II)
Durata admisibilă a curentului de scurtcircuit [s]		3	3	3	3	3	3	3	3
Durata nominală de închidere [ms]		130	130	180	180	180	180	180	120
Durata nominală de deschidere [ms]		45	45	50	50	50	50	50	45
Durata nominală de întrerupere [ms]		65	65	70	70	70	70	70	75

O situaţie deosebită o prezintă întreruptoarele IO 15 kV — 2 500 A şi IO 12 kV — 4 000 A, care au în paralel cu polul principal, un pol separator (fig. 3.3.28).

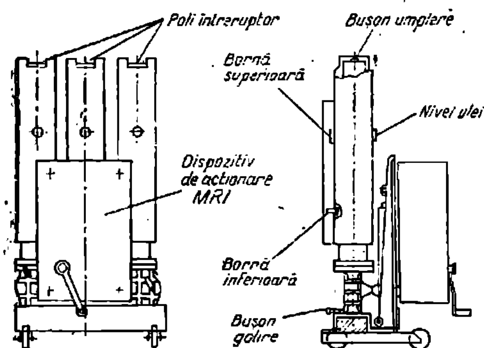


Fig. 3.3.26. Întreruptorul IO 15..20 kV.

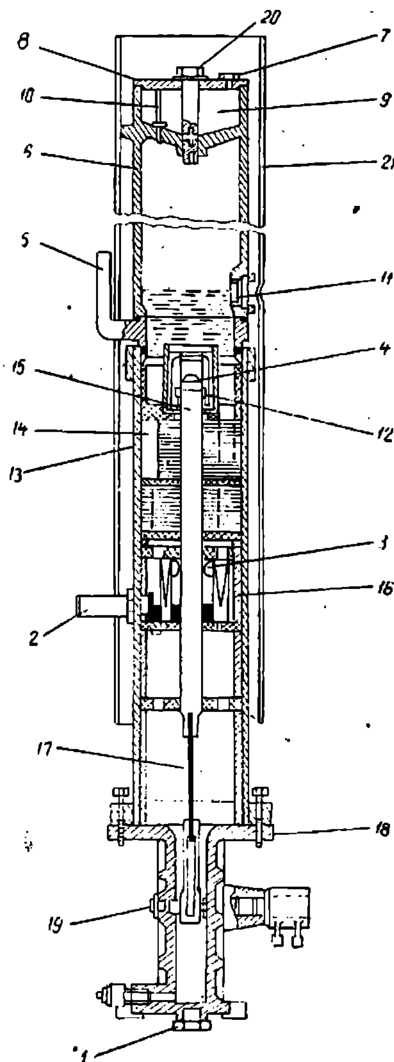


Fig. 3.3.27. Părţile componente ale întreruptorului IO 15...20 kV:

1 — buşon de golire; *2* — bornă de curent inferioară; *3* — contact inferior; *4* — vîrful contactului; *5* — bornă de curent superioară; *6* — carter superior; *7* — buşon de umplere; *8* — capac; *9* — camera de detentă; *10* — jigler de eşapare; *11* — vizorul nivelului de ulei; *12* — contact fix superior; *13* — cilindru izolant din sticlotextolit; *14* — camera de stingere cu suflaj longitudinal; *15* — tija contactului mobil; *16* — cilindru izolant; *17* — bielă; *18* — carter inferior; *19* — ax; *20* — piesă imobilizatoare; *21* — ecran izolant.

Ansamblul mecanism de acționare. Acționarea întreruptoarelor din seria IO; IO-B și IO-M se face cu dispozitive cu resorturi tip MRI; MRL și MR a căror funcționare de principiu a fost prezentată anterior.

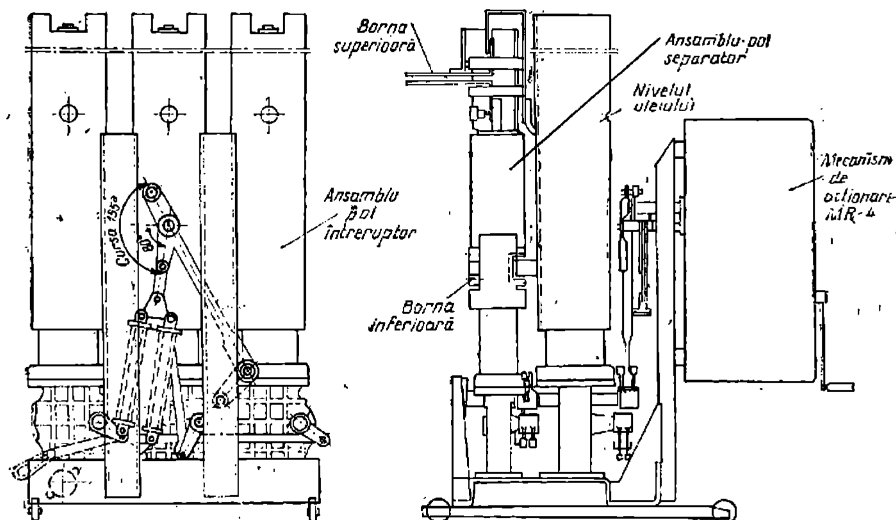


Fig. 3.3.28. Întreruptoare de medie tensiune cu pol separator.

În fig. 3.3.29 este prezentată schema electrică a dispozitivului de acționare cu resorturi tip MRI, MRL, MR.

Funcționarea întreruptoarelor IO 10—20 kV. Contactele mobile ale celor trei faze sînt acționate simultan — atît la închidere, cît și la deschidere — prin intermediul unui sistem de biele legate la polul din mijloc (faza *S*) și care primește mișcarea direct de la dispozitivul de acționare cu resorturi.

Armarea resortului de închidere se poate face manual cu ajutorul unei manivele, sau electric prin intermediul motorașului de armare (fig. 3.3.29). În acest din urmă caz, microîntreruptorul *Im* (fig. 3.3.29), dependent de poziția resorturilor, permite alimentarea motorului electric numai cînd resorturile sînt destinse. La sfîrșitul armării el întrerupe automat alimentarea acestuia, printr-un sistem cinematic acționat de volantul dispozitivului de acționare.

Comanda de închidere sau deschidere se poate face electric, prin intermediul electromagneților de închidere și deschidere, sau manual, prin butoanele de culoare roșie, respectiv verde, de pe dispozitivul de acționare.

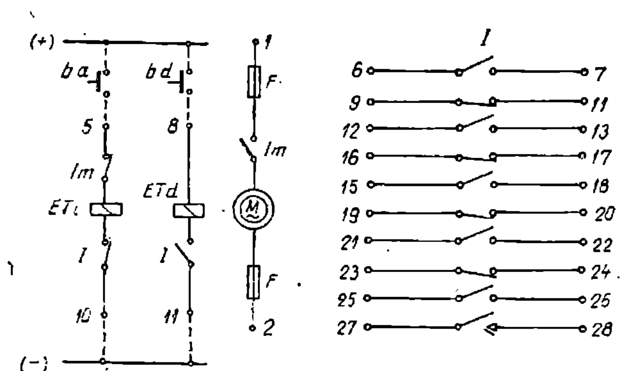


Fig. 3.3.29. Dispozitiv de acționare cu resort tip MR.

Întreruptoare de medie tensiune IUP-M 10—20 kV. Sînt întreruptoare tripolare pentru tensiuni nominale de 10 și 20 kV și curenți nominali de 630 și 1 000 A.

Simbolizarea acestor întreruptoare a fost prezentată la anterior, iar principalele caracteristici tehnice sînt date în tabelul 3.3.9.

Construcția întreruptoarelor IUP-M 10—20 kV. Ansamblul pol-întreruptor. În fig. 3.3.30 este prezentată vederea de ansamblu a unui întreruptor IUP-M 10—20 kV, iar în fig. 3.3.31, o secțiune printr-unul din polii aceluiași tip de întreruptor.

Ansamblul mecanism de acționare. Acționarea întreruptoarelor IUP-M 10—20 kV se face cu dispozitive cu resorturi tip MRI, a căror funcționare de principiu a fost prezentată la paragrafele anterioare.

Funcționarea întreruptorului IUP-M 10—20 kV. Contactele mobile ale celor trei faze sînt acționate simultan — atît la închidere, cît și la deschidere — prin intermediul axului întreruptorului, care primește mișcarea de la dispozitivul de acționare cu resorturi tip MRI.

La deschidere, contactul mobil se deplasează de jos în sus, stingerea arcului avînd loc într-o cameră de stingere cu suflaj transversal.

Tabelul 3.3.9

Caracteristicile tehnice principale ale întreruptoarelor de medie tensiune tip IUP fabricate în R.S.R.

Tipul întreruptorului			IUP-M-10/630	IUP-M-10/1000	IUP-M-20/630	IUP-M-20/1000
Număr de poli			3	3	3	3
Nivel de izolație nominal	50 Hz [kV]		35	35	55	55
	1,2/50 µS [kV_{max}]		75	75	125	125
Curent nominal [A]			630	1 000	630	1 000
Capacitatea nominală de rupere a curenților liniilor în gol [A]			—	—	—	—
Capacitatea nominală de rupere a curenților cablurilor în gol [A]			—	—	—	—
Capacitatea nominală de rupere a curenților mici inductivi [A]			—	—	—	—
Capacitatea nominală de rupere a curenților de scurtcircuit la borne [kA]			20	20	14,5	14,5
Capacitatea de deconectare a defectului kilometric			—	—	—	—
Capacitatea de închidere pe scurtcircuit [kA_{max}]			50	50	36,5	36,5
Secvența nominală de manevră	I	D-3 min-ID-3 min-ID	I	I	I	I
	II	D-0,3 s-ID-3 min-ID	II	II	(II)	(II)
Durata admisibilă a curentului de scurtcircuit [s]			3	3	3	3
Durata nominală de închidere [ms]			140	140	140	140
Durata nominală de deschidere [ms]			50	55	50	55
Durata nominală de întrerupere [ms]			70	75	70	75

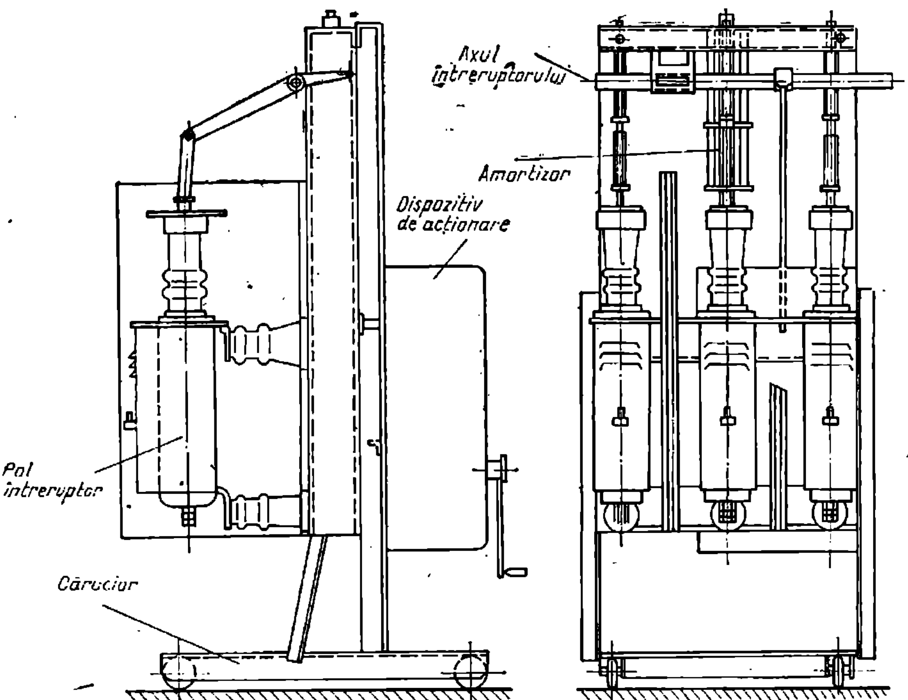


Fig. 3.3.30. Întreruptorul IUP-M 10 . . . 20 kV.

Fig. 3.3.31. Părțile componente ale întreruptorului IUP-M 10 . . . 20 kV:

1 — cilindru metalic; 2 — rezervor auxiliar; 3 — cameră elastică; 4 — separator de ulei; 5 — cilindru izolant; 6 — bușon de golire; 7 — indicator de nivel; 8 — bușon de umplere; 9 — izolator de trecere; 10 — ventil; 11 — contact lulipă; 12 — cameră de stingere cu suflaj transversal; 13 — pătură de aer; 14 — contact mobil.

Armarea resorturilor dispozitivului de acționare, precum și executarea comenzilor se face într-un mod asemănător celui prezentat anterior.

3.3.3.2. ÎNTRERUPTOARE CU MEDIU DE STINGERE GAZOS

Întreruptoare cu aer comprimat. Întreruptoarele pneumatice sînt întreruptoare care folosesc drept mediu de stingere a arcului electric aerul comprimat, debitat sub forma unui jet puternic în zona de producere a arcului. Jetul de aer comprimat, avînd o presiune bine determinată, lovește arcul longitudinal sau transversal permițînd un schimb între particulele de aer încălzite și puternic ionizate din interiorul întreruptorului și particulele de aer rece și proaspăt nou introdus de jet. Acesta conduce la creșterea rapidă a rigidității dielectrice a spațiului dintre contacte.

La întreruptoarele cu aer comprimat, o influență hotărîtoare în procesul de stingere a arcului electric o au următoarele elemente :

— orientarea jetului de aer comprimat care lovește arcul electric ;
— secțiunea ajutajului de eșapare a aerului ;
— distanța dintre contacte în momentul ruperii arcului ;
— presiunea și viteza aerului comprimat ;
— frecvența proprie a circuitului.

Orientarea jetului de aer comprimat în raport cu arcul electric este o caracteristică specifică a fiecărui tip de întreruptor, putînd exista componente axiale sau transversale ale acestui jet.

Secțiunea ajutajului de eșapare a aerului are o mare importanță, o secțiune mai mare a ajutajului de eșapare putînd conduce la sporirea puterii de rupere a întreruptorului, în timp ce o secțiune mai mică a acestui ajutaj putînd conduce la scăderea puterii de rupere.

Alegerea distanței optime dintre contactele întreruptorului pneumatic în momentul ruperii arcului electric se face în scopul asigurării celor mai bune condiții de stingere a arcului electric. S-a observat că pentru fiecare valoare a presiunii aerului comprimat necesar stingerii arcului electric, există o anumită valoare bine determinată a distanței dintre contacte, care asigură condițiile cele mai bune de stingere a arcului. Aceste distanțe sînt mai mici decît distanțele optime necesare pentru a asigura rigiditatea dielectrică între contacte la tensiunea nominală, existînd riscul ca după stingerea arcului acest spațiu dintre contacte să fie din nou străpuns, de această dată datorită diferenței de potențial existente între contacte la tensiunea nominală a întreruptorului.

Pentru a elimina acest neajuns, la unele tipuri de întreruptoare cu aer comprimat s-a prevăzut un separator înglobat în construcţia sa, care imediat după stingerea arcului îşi deschide în mod automat cuţitele mărind distanţa dintre contacte la valoarea necesară asigurării rigidităţii dielectrice la tensiunea nominală.

La alte tipuri de întreruptoare, viteza de separare a contactelor întreruptorului, se reglează astfel încît contactul mobil se deplasează cu o viteză mare, pînă se atinge distanţa optimă necesară stingerii arcului electric şi apoi se opreşte în această poziţie cîteva alternanţe, pentru a permite stingerea acestui arc. După stingerea arcului, contactele îşi continuă cursa pînă la atingerea distanţei necesare asigurării rigidităţii dielectrice între contacte, la tensiunea nominală.

Presiunea şi viteza de scurgere a aerului comprimat sînt importante, întrucît în cazul creşterii acestora, creşte rigiditatea dielectrică, se îmbunătăţesc condiţiile de stingere a arcului electric şi creşte puterea de rupere a întreruptorului.

În privinţa frecvenţei proprii a circuitului, în cazul că aceasta creşte, condiţiile de stingere a arcului electric se înrăutăţesc, deoarece creşte în acelaşi timp şi viteza de restabilire a tensiunii în spaţiul dintre contacte, aceasta conducînd în final la scăderea puterii de rupere.

Pentru a remedia acest inconvenient se montează nişte rezistenţe de şuntare, care reduc panta de creştere a tensiunii de restabilire.

Utilizarea întreruptoarelor cu aer comprimat prezintă o serie de avantaje printre care menţionăm : uzură redusă, stingere rapidă a arcului electric, siguranţă în exploatare, greutate redusă, întreţinere relativ uşoară etc.

Ca dezavantaje putem menţiona : costul relativ ridicat, construcţie aproximativ complicată a întreruptorului, necesitatea existenţei unei instalaţii de aer comprimat al cărui cost este destul de ridicat, necesitînd operaţii suplimentare de exploatare şi întreţinere.

Întreruptoare cu hexafluorură de sulf (SF_6). Devin tot mai utilizate datorită caracteristicilor deosebite pe care le are hexafluorura de sulf, şi anume : rigiditatea dielectrică foarte bună, capacitatea de stingere a arcului electric, inexistenţa pericolului de explozie etc.

Datorită acestor calităţi deosebite, întreruptoarele cu hexafluorură de sulf au putut fi realizate la tensiuni nominale de ordinul sutelor de kilovolţi, puterea lor de rupere ajungînd la zeci de mii de MVA.

Întreruptoarele cu hexafluorură de sulf prezintă însă şi unele dezavantaje, datorită faptului că hexafluorura de sulf are proprietatea de a se lichefia la temperaturi obişnuite şi presiuni relativ coborîte. Acest fapt face necesară existenţa la întreruptoarele cu SF_6 a unor circuite auxiliare utilizate la controlul presiunii şi temperaturii acestui

gaz, a unui sistem automat de încălzire a gazului pentru a preîntîmpina lichefierea lui, a unor compresoare de o construcție specială, precum și a unui control riguros al umidității gazului din circuitele de înaltă presiune.

Acționarea întreruptoarelor cu SF_6 se face cu aer comprimat.

În prezent, pe plan mondial, există tendința construirii unor celule capsulate în hexafluorură de sulf, care să aibă înglobate întreruptoarele, separatoarele și celelalte elemente ale unei celule obișnuite, într-un singur element de gabarit foarte redus.

S-au realizat sau sînt în curs de realizare celule capsulate pînă la tensiuni de 750 kV și chiar mai mult.

Deși mai scumpe, construirea unor asemenea instalații se justifică din punct de vedere economic, prin reducerea importantă a volumului de construcții, a spațiului ocupat, a poluării, prin întreținere simplă și redusă etc.

3.3.3.3. ÎNTRERUPTOARE CU VID

Întreruptoarele cu vid au contactele așezate într-un vid pronunțat, cuprins între 10^{-5} și 10^{-6} mm Hg. Ele au o acționare rapidă și sigură, o cursă a contactelor de numai cîțiva milimetri, un volum și o greutate redusă, prezentînd și avantajul unei funcționări îndelungate fără reparații sau revizii.

Ele prezintă însă dezavantajul că datorită unor considerente constructive, curentul nominal este limitat la 1 000—1 500 A, iar curentul de rupere la 6 000 A, în condițiile în care tensiunea nominală nu depășește de regulă 35 kV.

3.3.3.4. ÎNTRERUPTOARE CU MEDIU DE STINGERE GAZOGENERATOR

Întreruptoarele cu mediu de stingere gazogenerator folosesc pentru stingerea arcului gazele rezultate din acțiunea arcului electric asupra pereților camerei de stingere, care sînt confecționați dintr-un material generator de gaze, cum ar fi fibra sau sticla organică.

În funcție de tipul camerei de stingere, suflajul poate fi longitudinal sau transversal.

Principalele dezavantaje ale acestor întreruptoare constau în faptul că ele nu se realizează decît pentru instalații electrice interioare, la curenți nu prea mari și tensiuni de $10 \div 20$ kV. De asemenea, după un anumit număr de deconectări, adaosul generator trebuie înlocuit.

3.3.3.5. ÎNTRERUPTOARE CU SUFLAJ MAGNETIC

Întreruptoarele cu suflaj magnetic realizează stingerea arcului ca urmare a deplasării acestuia sub acțiunea unui cîmp magnetic într-un dispozitiv de stingere.

Răcirea și stingerea arcului se poate face astfel:

— răcirea prin convecție a arcului, ca urmare a întinderii și deplasării cu viteză mare a arcului sub acțiunea cîmpului magnetic;

— divizarea arcului electric între plăci metalice izolate una de alta, obținîndu-se arcuri mici, care se sting pe principiul arcului scurt;

— răcirea coloanei ionizate a arcului, prin deplasarea acestuia într-un canal îngust, plan, sub formă de fontă, constituit din pereții izolanți ai camerei.

Întreruptoarele cu suflaj magnetic se construiesc de regulă pentru curenți de maximum 1 000÷1 500 A și la tensiuni de pînă la 25 kV.

3.3.4. ÎNTRERUPTOARE AUTOMATE DE JOASĂ TENSIUNE

Întreruptoare automate de curent alternativ AMRO 10...40 A. Sînt destinate comenzii și protecției la suprasarcină și la scurtcircuit a diverselor circuite electrice.

Construcția întreruptoarelor automate AMRO 10...40 A. În construcția acestor aparate intră următoarele părți componente:

— întreruptorul propriu-zis — *I*;

— blocul declanșatoarelor termice — *DT*;

— blocul declanșatoarelor electromagnetice — *DE*.

În funcție de varianta constructivă, aceste întreruptoare mai pot fi dotate în afara celor de mai sus cu contacte auxiliare *CA* (normal închise — NI și normal deschide — ND) și declanșatoare de tensiune minimă *DTm*.

În fig. 3.3.32 sînt indicate schemele electrice ale întreruptoarelor AMRO 10...40 A, fără contacte auxiliare și fără DTm (fig. 3.3.32, *a*), cu contacte auxiliare și fără DTm (fig. 3.3.32, *b*), cu contacte auxiliare și DTm (fig. 3.3.32, *c*).

În tabelul 3.3.10 sînt indicate principalele caracteristici tehnice ale întreruptoarelor automate din seria AMRO 10...40 A.

Funcționarea întreruptoarelor automate AMRO 10...40 A. Închiderea și deschiderea voită a întreruptorului. Această operație se execută cu ajutorul manetei de acționare.

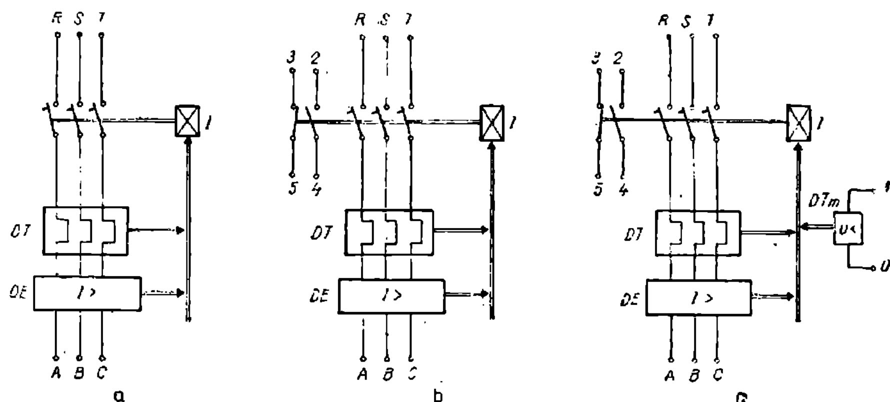


Fig. 3.3.32. Schema electrică a întreruptoarelor tip AMRO-10 ... 40 A :
a — fără contacte auxiliare și fără DTm ; *b* — cu contacte auxiliare și fără DTm ; *c* — cu contacte auxiliare și DTm.

Tabelul 3.3.10

Întreruptoare de joasă tensiune, tip AMRO

Curentul nominal [A]	Codul	Curentul de rupere la 500 V c.a. și cos φ = 0,7 [kA]	Curenții de reglaj ai declanșatoarelor termice [A]	Contacte auxiliare	DTm
10	4605 4606 4607	1	0,4 ; 0,55 ; 0,75 ; 1 ; 1,3 ; 1,8 ; 2,4 ; 3,3 ; 4,5 ; 6 ; 8 ; 11	— 1ND + 1NI 1ND + 1NI	— — ×
16	4635 4636 4637	1,2	0,4 ; 0,55 ; 0,75 ; 1 1,3 ; 1,8 ; 2,4 ; 3.3 4,5 ; 6 ; 8 ; 11 ; 16	— 1ND + 1NI 1ND + 1NI	— — ×
25	4610 4611 4612	1,5	11 ; 16 ; 20 ; 25	— 1ND + 1NI 1ND + 1NI	— — ×
40	4621 4622 4623	2,5	20 ; 25 ; 32 ; 40	— 1ND + 1NI 1ND + 1NI	— — ×

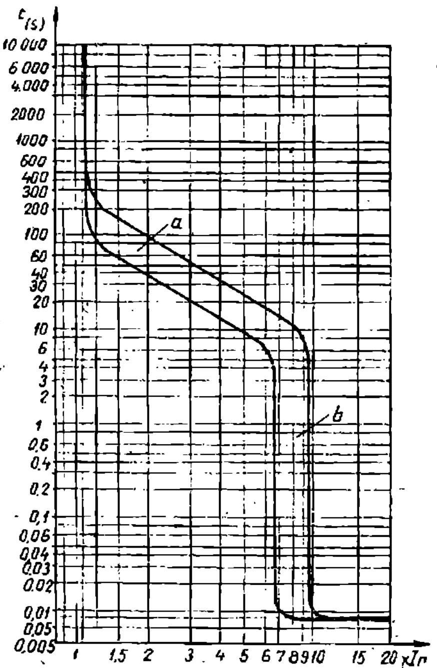


Fig. 3.3.33. Curbele de reglaj ale întreruptorului AMRO-10 și 16 A.

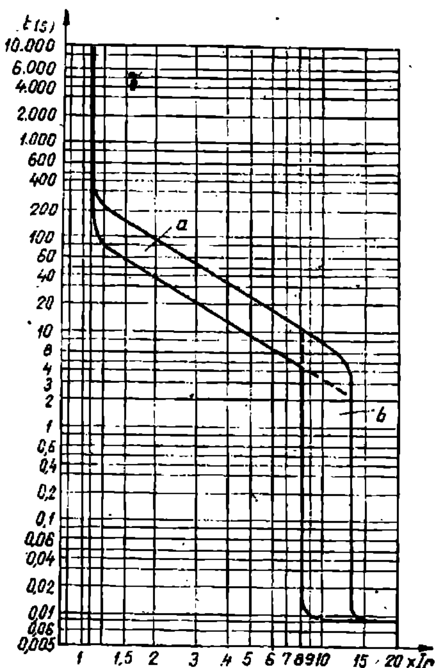


Fig. 3.3.34. Curbele de reglaj ale întreruptorului AMRO-25 A.

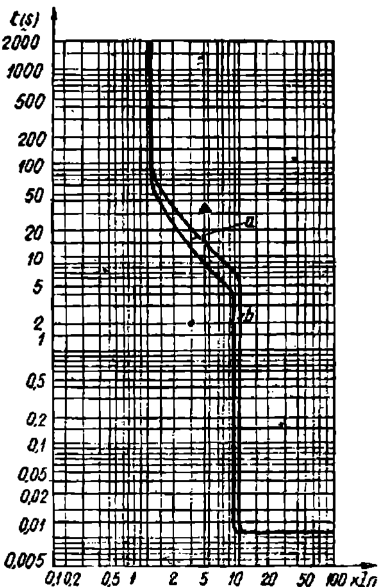


Fig. 3.3.35. Curbele de reglaj ale întreruptorului AMRO-40 A.

Dacă maneta se află în poziţia de jos şi pe ea apare indicaţia „O", înseamnă că întreruptorul este declanşat. Dacă maneta se află în poziţia de sus şi apare indicaţia „I", înseamnă că întreruptorul este închis. Poziţia intermediară a manetei, indică deschis prin declanşatoare (DT, DE sau DTm).

D e s c h i d e r e a a u t o m a t ă p r i n d e c l a n ş a t o a r e t e r m i c e — DT. Are loc temporizat în funcţie de multiplul curentului de declanşare I_r al declanşatoarelor termice, conform curbelor *a* din fig. 3.3.33 pentru AMRO-10 şi 16 A, fig. 3.3.34 pentru AMRO-25 A şi fig. 3.3.35 pentru AMRO-40 A.

D e s c h i d e r e a a u t o m a t ă p r i n d e c l a n ş a t o a r e e l e c t r o m a g n e t i c e DE. Are loc conform curbelor *b* din fig. 3.3.33, fig. 3.3.34 şi fig. 3.3.35.

D e s c h i d e r e a a u t o m a t ă p r i n d e c l a n ş a t o a r e d e t e n s i u n e m i n i m ă D T m. Are loc cînd tensiunea de alimentare a declanşatorului de tensiune minimă scade de regulă sub 70% din tensiunea sa nominală.

După deschiderea automată a întreruptorului prin declanşatoare, închiderea sa nu se poate face decît după efectuarea operaţiei de armare. Armarea constă în apăsarea în jos a manetei de acţionare, maneta rămînînd cuplată în poziţia deschis. Numai după aceea se poate efectua manevra de închidere.

În situaţia deschiderii întreruptorului prin declanşatoare termice, armarea şi implicit închiderea întreruptorului nu se face decît după scurgerea a cel puţin 5—10 minute, timp necesar răcirii releelor termice cu bimetal.

Întreruptoare automate de 100—800 A. Din această categorie fac parte întreruptoarele automate AMRO-100; USOL-250; USOL-630 şi USOL-800.

Aceste întreruptoare automate sînt folosite la conectarea şi protecţia motoarelor electrice şi a circuitelor de distribuţie de joasă tensiune

Construcţia întreruptoarelor automate de 100—800 A. În construcţia acestor aparate intră următoarele:

— întreruptorul propriu-zis — *I*;
— blocul de declanşatoare termice — *DT*;
— blocul declanşatoarelor electromagnetice — *DE*;
— blocul de contacte auxiliare — *CA*;
— contactele de semnalizare „deschis prin declanşatoare" — *CSD*.

În funcţie de varianta constructivă, aceste întreruptoare mai pot fi dotate cu declanşatoare de tensiune minimă *DTm*, sau cu declanşatoare de deschidere *DD*.

Acționarea lor poate fi manuală simbolizată prin — L, cu motor — M, sau cu electromagnet — E. Execuția poate fi debroșabilă — D sau fixă — F. Întreruptoarele pot fi cu legături față — LF sau cu legături spate — LS. Construcția întreruptorului poate fi : bipolară — II tripolară — III sau tetrapolară — IV.

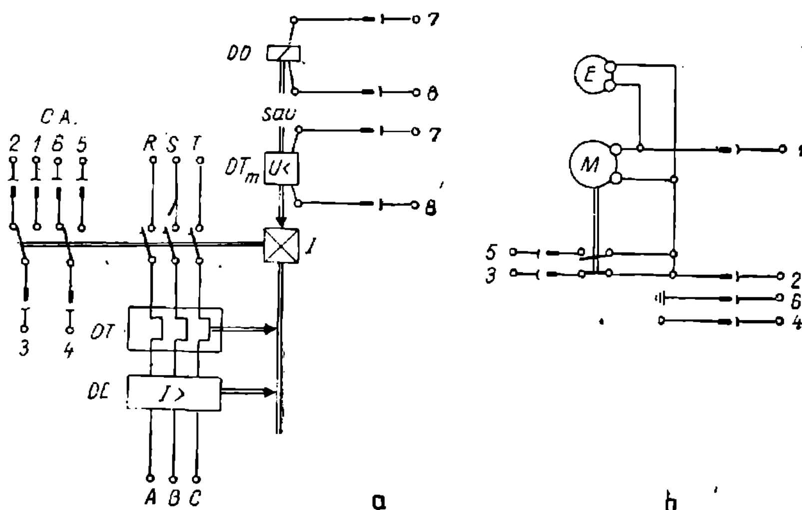


Fig. 3.3.36. Schema electrică a întreruptorului AMRO-100 A :
a — acționare manuală ; *b* — acționare cu motor electric.

Schema electrică a întreruptoarelor AMRO-100 este reprezentată în fig. 3.3.36. În fig. 3.3.36 *a* este indicată schema electrică a întreruptorului AMRO-100 A cu acționare manuală, iar în fig. 3.3.36 *b* sînt prezentate completările ce se aduc schemei precedente, în cazul cînd acționarea se face cu motor electric.

În fig. 3.3.36 *b*, *M* reprezintă motorul de acționare, *E* este frîna electromagnetică, iar bornele *1—6* reprezintă bornele prizei-fișă utilizate pentru conectarea ansamblului de acționare la schema de alimentare și comandă.

În fig. 3.3.37 este prezentată schema electrică a întreruptorului USOL-250 A, iar în fig. 3.3.38 și fig. 3.3.39 *a*, schemele electrice ale întreruptoarelor USOL-630 A și USOL-800 A.

În situația cînd întreruptoarele USOL sînt acționate cu motor electric, schemele electrice din fig. 3.3.37 și 3.3.38 se completează cu schema din fig. 3.3.39 *b*.

Cînd întreruptorul USOL-800 A este acționat cu electromagnet, atunci schema electrică din fig. 3.3.39 *a* se completează cu schema din fig. 3.3.39 *b*, în care : *E* este electromagnetul de acționare ; CC — contactor de comandă ; *RB* — releu de blocaj ; *CFC* — contact fine cursă.

Principalele caracteristici tehnice ale întreruptoarelor de mai sus sînt indicate în tabelul 3.3.11.

Întreruptoare de joasă tensiune,

Curentul nominal	I_r	I_t	I_m	Capacitate de rupere	Execuție	Acționare
[A]	[A]	[A]	[A]	[kA]	—	—
100(AMRO)	40 50 63 80 100	$(0,8\ldots1)I_r$	reglaj fix $10I_r$	8	F	L
						M
					D	L
						M
250(USOL)	100 125 160 200 250	$(0,8\ldots1)I_r$	reglaj fix $4I_r$ sau $10I_r$	10	F	L
						M
					D	L
						M
630(USOL)	100 ; 125 160 ; 200 250 ; 320 400 ; 500 580 ; 630	$(0,8\ldots1)I_r$	reglaj variabil $(2\ldots4)$ I_r sau $(5\ldots10)I_r$	25	F	L
						M
					D	L
						M
800(USOL)	400 500 580 700 800	$(0,8\ldots1)I_r$	reglaj variabil $(2\ldots4)$ I_r sau $(5\ldots10)I_r$	25	F	L
						E
					D	L
						E

În tabelul 3.3.11: I_r — curentul de reglaj al declanșatoarelor termice, I_t — limitele de variație ale curentului, I_m — curentul de reglaj al declanșatoarelor electromagnetice.

Funcționarea întreruptoarelor automate AMRO-100 și USOL-250—800 A. Închiderea și deschiderea voită. În cazul între-

ruptoarelor acționate manual, aceste operații se execută în același mod ca mai sus.

La întreruptoarele acționate cu motor sau electromagnet de acționare, se vor folosi butoanele sau cheile de comandă incluse în schemele de comandă-automatizare în care sînt folosite întreruptoarele respective.

Tabelul 3.3.11

100—800 A. Caracteristici tehnice

Codul							
LF				LS			
—	CA	CA		—	CA	CA	
		DT_m sau DD				DT_m sau DD	
4810	4811	4812	4813	4814	4815	4816	4817
4810M	4811M	4812M	4813M	4814M	4815M	4816M	4817M
4818	4819	4820	4821	4822	4823	4824	4825
4818M	4819M	4820M	4821M	4822M	4823M	4824M	4825M
4130	4131	4132	4133	4134	4135	4136	4137
4130M	4131M	4132M	4133M	4134M	4135M	4136M	4137M
—	—	—	—	4138	4139	4140	4141
—	—	—	—	4138M	4139M	4140M	4141M
—	4730	4731	4732	—	4733	4734	4735
—	4730M	4731M	4732M	—	4733M	4734M	4735M
—	4724	4725	4726	—	4727	4728	4729
—	4724M	4725M	4726M	—	4727M	4728M	4729M
—	4200	4201	4202	—	4203	4204	4205
—	4224	4225	4226	—	4227	4228	4229
—	4206	4207	4208	—	4209	4210	4211
—	4230	4231	4232	—	4233	4234	4235

Deschiderea automată prin declanșator termic — DT. Are loc temporizat, în funcție de multiplul curentului de declanșare I_t al declanșatoarelor termice. Limitele de reglaj al declanșatoarelor termice la 45° pot fi cuprinse între (0,8...1) I_r.

În fig. 3.3.40 sînt reprezentate curbele de declanșare pentru întreruptoarele AMRO-100 A.

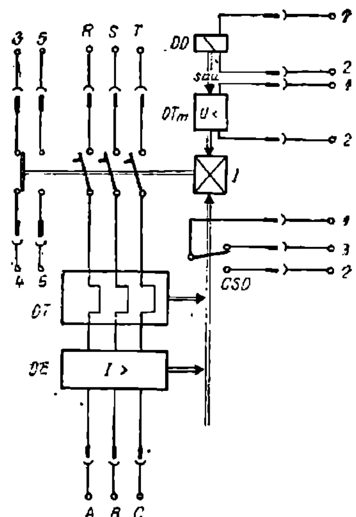


Fig. 3.3.37. Schema electrică a întreruptorului USOL-250 A.

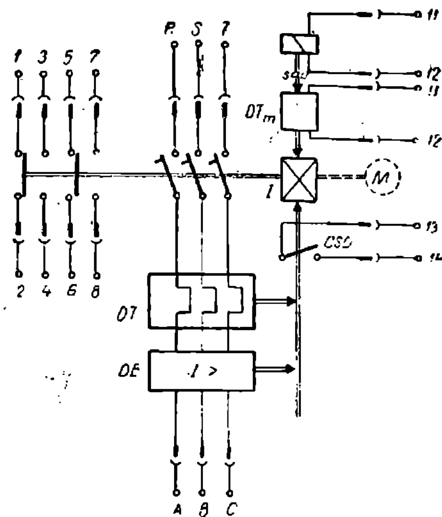


Fig. 3.3.38. Schema electrică a întreruptorului USOL-630 A.

a

b

Fig. 3.3.39. Schema electrică a întreruptorului USOL-800 A.

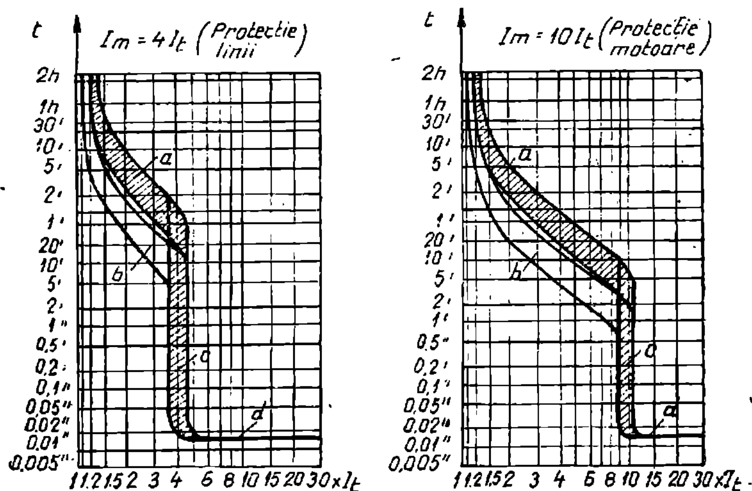


Fig. 3.3.40. Curbele de reglaj ale întreruptorului AMRO-100 A.

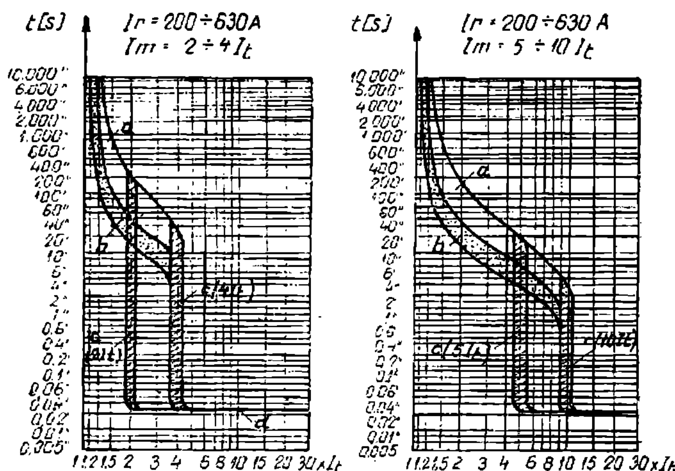


Fig. 3.3.41. Curbele de reglaj ale întreruptorului USOL-250 A.

În fig. 3.3.41 sînt reprezentate curbele de declanșare pentru întreruptoarele USOL-250 A, iar în fig. 3.3.42 și fig. 3.3.43 — pentru întreruptoarele USOL-630 A, respectiv USOL-800 A.

În fig. 3.3.40—43, curbele *a* corespund declanșării cînd declanșatoarele termice DT se găsesc în stare rece, iar curbele *b* corespund stării cînd declanșatoarele termice se găsesc în stare caldă.

Deschiderea automată prin declanșatoare electromagnetice — DE. Are loc conform curbelor *c* din fig. 3.3.40—43, la un curent $I_m = mI_r$, unde *m* este un multiplu al curentului termic reglat I_r.

În funcție de varianta constructivă, I_m poate fi reglat la întreruptoarele USOL-630 A și USOL-800 A între $(2 \div 4)\ I_r$ și între $(5 \div 10)\ I_r$. La celelalte întreruptoare prezentate, I_m are un reglaj fix (tabelul 3.3.11).

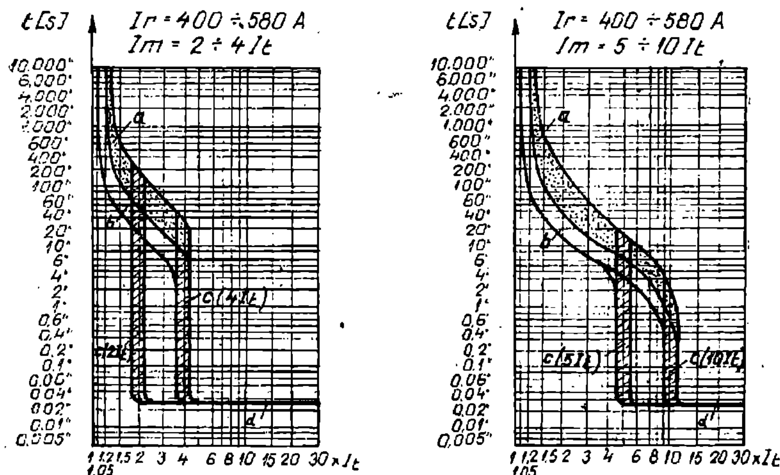


Fig. 3.3.42. Curbele de reglaj ale întreruptorului USOL-630 A.

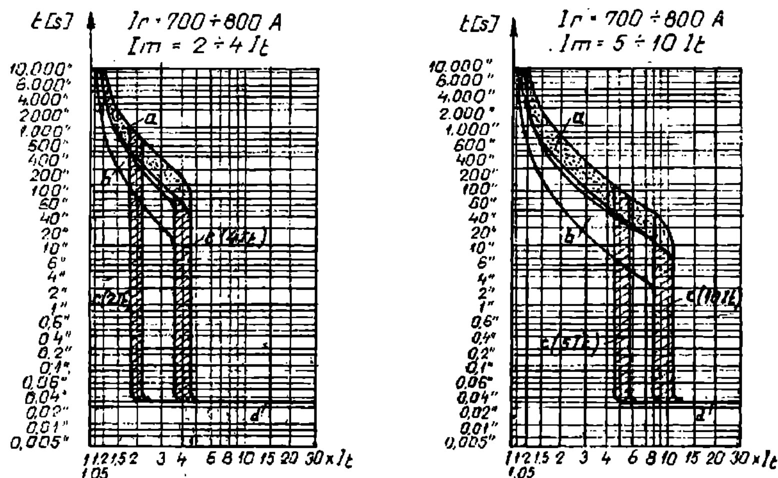


Fig. 3.3.43. Curbele de reglaj ale întreruptorului USOL-800 A.

Întreruptoarele cu reglaj $(2\div4)I_r$ sînt folosite de regulă pentru protecția liniilor, iar cele cu reglaj $(5\div10)I_r$ sînt folosite de regulă pentru protecția motoarelor electrice.

Curbele *d* din figurile de mai sus, corespund deschiderii întreruptorului la un curent mai mare decît I_m.

Deschiderea automată prin declanșatoare de tensiune minimă — DTm. Deschiderea automată a întreruptorului are loc în momentul cînd dispare tensiunea la bornele de intrare ale întreruptorului.

Deschiderea prin declanșatoare de deschidere — DD. Deschiderea are loc cînd este pusă sub tensiune bobina de deschidere DD.

Întreruptoare automate, OROMAX 1 000—4 000 A. Sînt destinate protecției liniilor, transformatoarelor, generatoarelor sau motoarelor electrice de joasă tensiune.

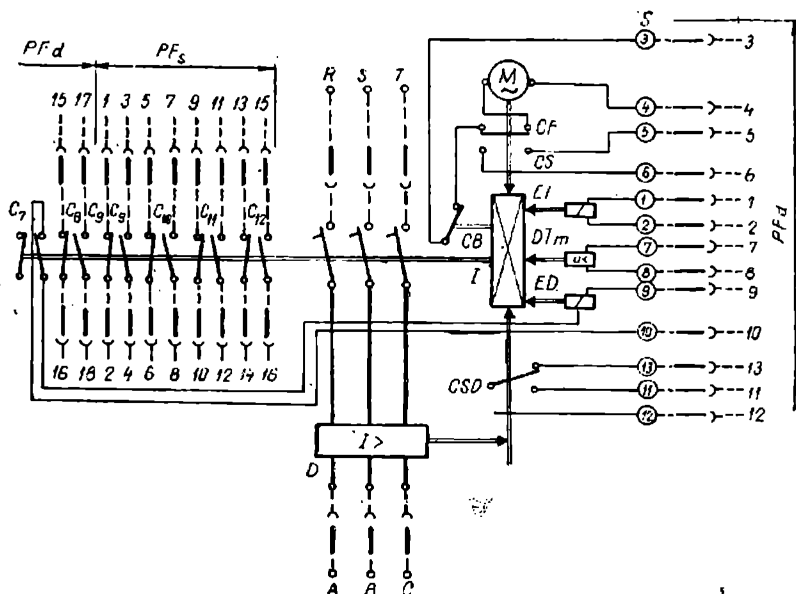


Fig. 3.3.44. Schema electrică a întreruptorului OROMAX 1 000—4 000 A :
D — declanșator maximal de curent (tip N sau MK) ; *M* — motor de acționare ; *CS* — contact de semnalizare „resoarte armate" ; *CSD* — contact de semnalizare „deschis prin declanșator" ; *EI* — electromagnet de închidere ; *ED* — electromagnet de deschidere ; *DTm* — declanșator de tensiune minimă ; *CB* — contact de blocare a motorului în cazul unei defecțiuni mecanice ; *PFd* — priză și fișă dreaptă ; *PFs* — priză și fișă stîngă ; *S* — conectori.

Construcția întreruptoarelor automate OROMAX 1 000—4 000 A. În construcția acestor aparate intră următoarele părți principale: cadrul metalic de susținere, contactele principale, camerele de stingere cu grătar, mecanismul de acționare cu acumulare de energie, declanșatoarele de protecție (tip N sau MK) declanșatorul de tensiune minimă DTm, sistemul de comandă-semnalizare, contactele auxiliare.

În fig. 3.3.44 este reprezentată schema electrică a întreruptoarelor automate din seria OROMAX de 1 000—4 000 A.

Panoul frontal al întreruptoarelor automate tip OROMAX se prezintă în fig. 3.3.45.

În situația deschiderii întreruptorului prin declanșatoarele de curent, butonul 8 iese înafară. Închiderea întreruptorului nu se va putea

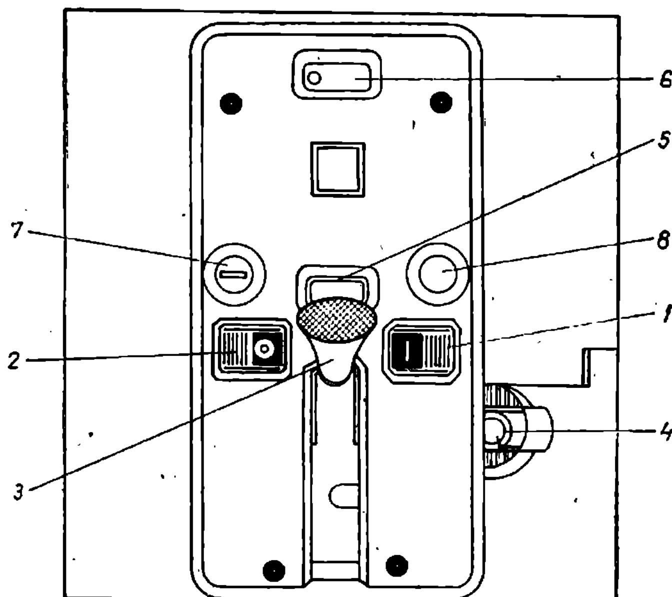


Fig. 3.3.45. Panoul frontal al întreruptorului OROMAX:
1 — buton pentru comanda de închidere; 2 — buton pentru comanda de deschidere; 3 — maneta pentru armarea manuală a resoartelor; 4 — motor pentru armarea automată a resoartelor; 5 — semnalizare de poziție pentru resoarte armate (galben) și resoarte nearmate (alb); 6 — semnalizare de poziție pentru întreruptor închis (I) și întreruptor deschis (O); 7 — dispozitiv de blocare a închiderii întreruptorului; 8 — buton (roșu) pentru semnalizarea declanșat prin declanșatoare de curent.

face decît după ce butonul *8* a fost apăsat și a revenit la poziția inițială.

În tabelul 3.3.12 sînt indicate principalele caracteristici tehnice ale întreruptoarelor OROMAX 1 000—4 000 A.

Tabelul 3.3.12

Întreruptoare de joasă tensiune multipolare OROMAX

	I_n	$I_{regl.}$	Capacitate de rupere la 500 V c.a.	Execuție	Cod		
	[A]	[A]	[kA]		NA	N	NM
Aparate tripolare	600	600	60	F	—	4903A	4905A
	1 000	1 000		D	—	4909A	4911A
	1 600	1 600	60	F	—	4923A	4925A
				D	—	4929A	4931A
	2 000	2 000	70	F	—	4941A	4943A
				D	—	4945A	4947A
	2 500	2 500	70	F	—	4581	4584
				D	—	4586	4589
	4 000	4 000	70	F	—	4980A	4981A
		2) cu punte		D[2]	—	4982A	4983A
		de nul		D	—	4984A	4985A
Aparate tetrapolare		600		F	4901C	—	4905C
	1 000	1 000	50	D	4907C	—	4911C
				F	4921C	—	4925C
	1 600	1 600	50	D	4927C	—	4931C
				F	—	4941C	4943C
	2 000	2 000	52	D		4945C	4947C
				F	—	4961C	4963C
	2 500	2 500	52	D	—	4965C	4967C

Funcționarea întreruptoarelor automate OROMAX 1 000—4 000 A. Pentru acționarea întreruptoarelor automate din seria OROMAX, trebuie ca resoartele dispozitivului de acționare să fie armate. În funcție de modul cum se face armarea, mecanismele de acționare pot fi :

— mecanism de acționare tip NA. Armarea se face manual cu ajutorul manetei *3* printr-o singură acționare de sus în jos;

— mecanism de acționare tip N. Armarea se face manual cu ajutorul manetei *3*, executînd 10—12 manevre în același mod ca mai sus;

— mecanism de acționare tip NM. Armarea se face în mod automat cu ajutorul unui servomotor. În situația acestuia, armarea resoartelor se poate face și manual, acționînd maneta *3*.

Închiderea și deschiderea voită. Aceste operații se pot executa direct de la fața locului acționînd butoanele *1* și *2* (fig. 3.3.45) sau de la distanță, prin intermediul electromagneților de închidere *EI* și deschidere *ED* (fig. 3.3.44).

Comanda de închidere nu poate fi executată dacă resoartele nu sînt armate sau dacă declanșatorul de tensiune minimă *DTm* nu este alimentat sau nu funcționează corespunzător.

Deschiderea prin declanșatoare de curent. Întreruptoarele automate OROMAX 1 000—4 000 A sînt echipate cu declanșatoare tip H sau MK.

Declanșatoare de curent tip H. Declanșatorul tip H este un declanșator termic și electromagnetic. Caracteristicile sale de acționare sînt reprezentate în fig. 3.3.46, pentru o temperatură de 25°C.

Curbele *a*, corespund deschiderii prin declanșatoare termice în stare rece, iar *b*, deschiderii prin declanșatoare termice în stare caldă. Curbele *c* corespund deschiderii prin declanșatoare electromagnetice.

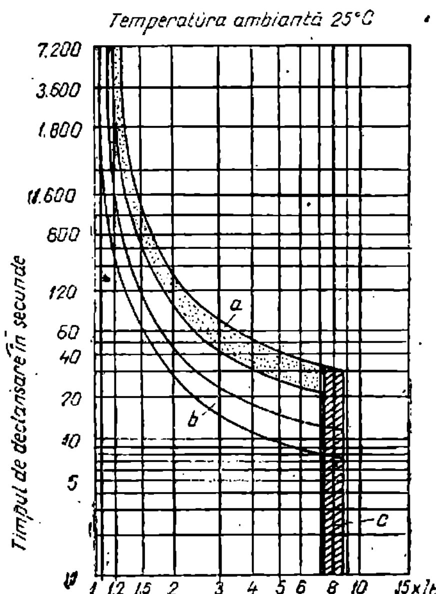


Fig. 3.3.46. Curbele de reglaj ale întreruptorului OROMAX 1 000...4 000 A: *a* — deschidere prin declanșatoare termice în stare rece; *b* — deschidere prin declanșatoare termice în stare caldă; *c* — deschidere prin declanșatoare electromagnetice.

Aceste declanșatoare se construiesc pentru curenți de reglaj de 300; 600; 1 000; 1 600 și 2 500 A.

Principalul dezavantaj al declanșatoarelor tip H constă în aceea că funcționarea lor este influențată de temperatura mediului exterior.

Declanșatoare de curent tip MK. Declanșatoarele din seria MK sînt declanșatoare maximale de curent monopolare. În funcție de varianta constructivă (tabelul 3.3.13) declanșatorul poate realiza:

— protecția temporizată la suprasarcină;
— protecția instantanee sau temporizată;
— declanșarea instantanee.

Întreruptoare de joasă tensiune. Caracteristicile declanşatoarelor MK

Tip	Cod	Curentul nominal al declanşatorului	Protecţia la suprasarcină		Protecţia instantanee sau temporizată		Declanşare instantanee
		I_n[A]	I_1 [A]	T_1 [S]	I_2[A]	T_2 [S]	I_3 [kA]
MK	4975	600—1 000	(0,5—1)I_n	10 s la 6 I_1	(2—4 sau 4—12) I_n	—	—
		1 600—2 000			(2—4 sau 4—10) I_n		
		2 500—4 000			(2—4 sau 3—6) I_n		
MK_s	4976	600—1 000	(0,5—1)I_n	10 s la 6 I_1	(2—4 sau 4—12) I_n	0,1—0,5	—
		1 600—2 000			(2—4 sau 4—10) I_n		
		2 500—4 000			(2—4 sau 3—6) I_n		
MK_{si}	4977	600—1 000	(0,5—1) I_n	10 s la 6 I_1	(2—4 sau 4—12) I_n	0,1—0,5	10 ; 20 ; 30
		1 600			(2—4 sau 4—10) I_n		
		2 000			(2—4 sau 4—10)I_n		20 ; 30
		2 500—4 000			(2—4 sau 3—6) I_n		
MKE	4970	600—1 000	—	—	(2—4 sau 4—12) I_n	—	—
		1 600—2 000			(2—4 sau 4—10) I_n		
		2 500—4 000			(2—4 sau 3—6) I_n		
MKE_s	4971	600—1 000	—	—	(2—4 sau 4—12) I_n	0,1—0,5	—
		1 600—2 000			(2—4 sau 4—10) I_n		
		2 500—4 000			(2—4 sau 3—6) I_n		
MKE_{si}	4 978	600—1 000	—	—	(2—4 sau 4—12) I_n	0,1—0,5	10 ; 20 ; 30
		1 600			(2—4 sau 4—10)I_n		
		2 000	—	—	(2—4 sau 4—10) I_n	—	20 ; 30
		2 500—4 000			(2—4 sau 3—6) I_n		

De exemplu, declanşatorul MK_{st} realizează: o protecţie temporizată la suprasarcină pentru curenţi mai mari ca I_1 şi temporizoare T_1; o protecţie temporizată pentru curentul I_2 şi temporizare T_2 şi o declanşare instantanee pentru curentul I_3.

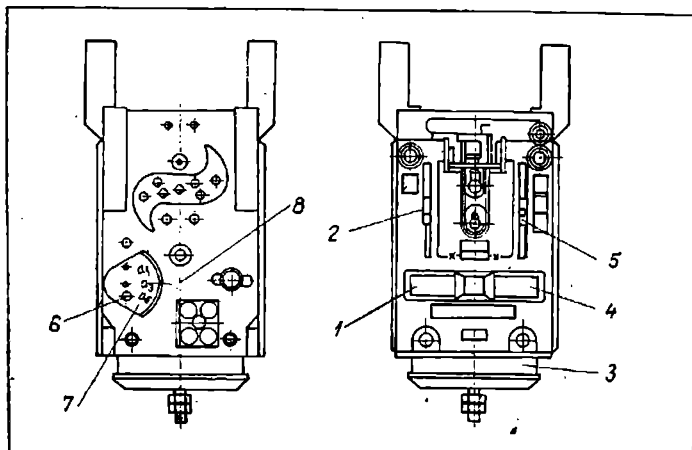


Fig. 3.3.47. Reglajul la declanşatorul MK.

La un declanşator MK_{si}, reglajul valorilor de lucru se face astfel: Pentru a fixa curentul de acţionare la suprasarcină I_1, se acţionează asupra butonului *1*, deplasînd indicatorul *2*, în dreptul valorii I_1 dorite (fig. 3.3.47). Declanşatorul va lucra după o caracteristică $T_1 = f(I_1)$, dacă discul de reglaj *3* se află cu linia marcată în dreptul indicelui T_1. În acest caz, la un curent de 6 I_1, declanşarea va avea loc în 10 secunde.

Protecţia temporizată la supracurent se reglează acţionînd asupra butonului *4*, pînă cînd indicatorul *5* a ajuns în dreptul valorii I_2 dorite. Curentul de acţionare la supracurent va avea valoarea I_2. Acest curent trebuie să depăşească cu 20—25%, curentul de pornire al motoarelor alimentate sau eventualii supracurenţi care pot apare intermitent în timpul funcţionării.

Temporizarea protecţiei la supracurent se reglează slăbind şurubul *6* şi apoi deplasînd eticheta *7*, astfel încît temporizarea dorită să ajungă în dreptul reperului 8. După terminarea acestei operaţii, se strînge la loc şurubul *6*.

Curentul I_3 pentru declanşarea instantanee nu se reglează. În fig. 3.3.48 sînt indicate caracteristicile de acţionare ale declaşatoarelor din seria MK.

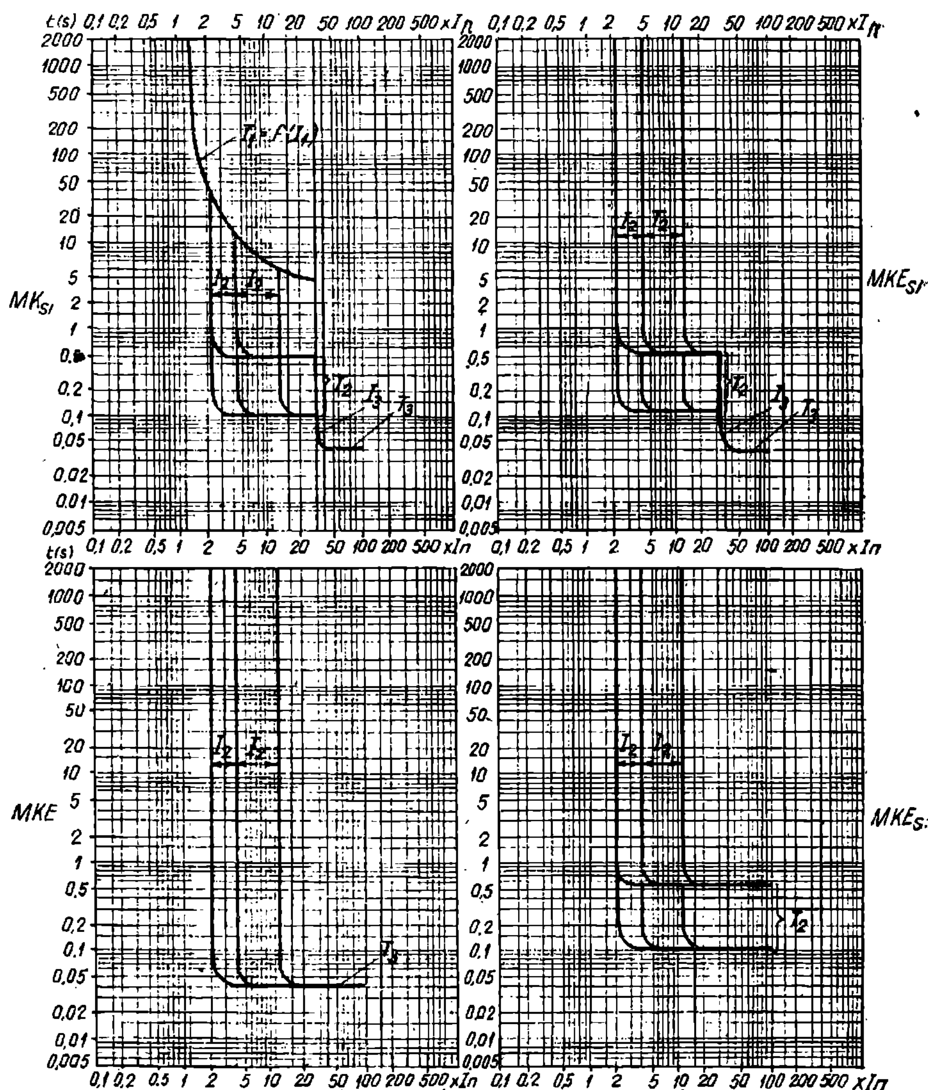


Fig. 3.3.48. Caracteristicile declanşatorului MK.

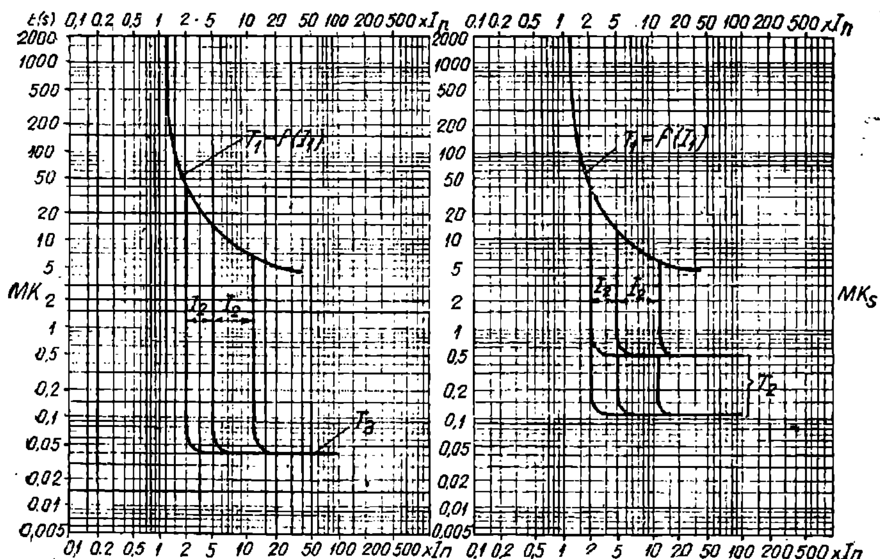


Fig. 3.3.48 (continuare).

3.3.5. EXPLOATAREA APARATELOR DE COMUTAȚIE

3.3.5.1. EXPLOATAREA ȘI ÎNTREȚINEREA SEPARATOARELOR ȘI A DISPOZITIVELOR LOR DE ACȚIONARE. DEFECTE ȘI REMEDIERI. ÎNCERCĂRI ȘI MĂSURĂTORI ÎN EXPLOATARE

În timpul exploatării, executarea manevrelor cu separatoarele se vor efectua ținîndu-se cont că separatoarele nu au posibilitatea ruperii curenților de scurtcircuit și în general nici a celor de sarcină. De aceea se vor avea în vedere următoarele :

1) Se interzice cu desăvîrșire manevrarea separatoarelor în următoarele situații :

— cînd circuitul în care este înglobat separatorul este prevăzut cu întreruptor ; în acest caz la închiderea circuitului, se conectează întîi separatorul, apoi întreruptorul, în timp ce la deschiderea circuitului, se deconectează mai întîi întreruptorul și apoi separatorul.

— cînd în circuitul respectiv există o punere la pămînt sau un scurtcircuit.

2) Se permite manevrarea sub sarcină a separatoarelor dacă circuitele în care acestea sînt conectate nu au întreruptor, în următoarele situații :

— conectarea și deconectarea transformatoarelor de tensiune;

— conectarea și deconectarea legăturii la pămînt a neutrului transformatoarelor de putere sau conectarea și deconectarea bobinelor de stingere, dacă la dispozitivul de acționare a separatoarelor respective există montată o semnalizare a apariției unei puneri la pămînt în rețea, manevrele nefiind permise în acest caz;

— conectarea și deconectarea barelor colectoare în gol, împreună cu aparatajul aferent;

— conectarea și deconectarea în gol a transformatoarelor de mică putere;

— conectarea și deconectarea în gol a anumitor linii sau cabluri electrice specificate de către organele competente.

În perioada exploatării, personalul de deservire va controla și sesiza următoarele:

a) Integritatea izolatoarelor. Se va verifica inexistența fisurilor, crăpăturilor, spargerilor, ruperilor, a urmelor de conturnare, străpungeri, etc.

b) Starea contactelor. Se va urmări dacă în urma manevrelor de conectare, contactele s-au închis corect, contactele imperfecte conducînd la încălziri. Încălzirea contactelor poate fi evidențiată în timpul nopții, ca urmare a schimbării culorii materialului, în timpul zilei, după emanațiile de aer cald din zona contactului, iarna, prin topirea zăpezii sau în alte situații, prin uscarea rapidă după ploaie.

c) Se va controla în permanență să existe o perfectă corespondență între poziția separatorului și semnalizările de poziție la distanță, precum și între poziția acestuia și cea a dispozitivului de acționare.

d) Valoarea tensiunii de comandă a bobinelor de acționare, a presiunii de lucru etc. trebuie să fie menținute în permanență în limitele prescrise. Valori prea mici sau prea mari ale acestor mărimi pot conduce la neexecutarea comenzilor sau la distrugerea unor componente ale dispozitivelor de acționare.

e) Curentul de durată care străbate separatorul nu trebuie să depășească curentul său nominal. Verificarea curentului de sarcină prin separator trebuie să se facă în permanență de către personalul de exploatare folosind aparatele indicatoare de pe panoul de comandă sau făcîndu-se calcule ale circulațiilor de putere.

f) În exploatare nu trebuie să se depășească de asemenea tensiunea nominală a separatoarelor.

În cadrul operațiilor de întreținere se vor avea în vedere următoarele:

— Se vor controla izolatoarele, verificîndu-se starea lor generală, se vor curăți de praf, urmărindu-se după caz corecta fixare, precum și executarea manevrelor fără vibrații, trepidații, șocuri, etc.

— Se vor cerceta contactele principale ale separatorului verificîndu-se corecta închidere a acestora, astfel încît să fie realizată o rezistență de contact corespunzătoare. Se va urmări ca acestea să nu fie perlate sau cu suprafața tocită.

— Se va verifica starea clemelor de racordare a barelor flexibile sau strîngerea corespunzătoare a barelor rigide.

— Se va controla dispozitivul de acționare, în totalitatea lui precum și funcționarea corespunzătoare a diverselor sale subansambluri, înlocuindu-se piesele uzate sau defecte.

— Se va verifica funcționarea corectă a blocajelor mecanice și electrice :

— Se vor reface după caz inscripționările și vopsitoria separatoarelor.

— Se va verifica corecta fixare a separatoarelor și starea construcției metalice de susținere.

— Se vor executa măsurătorile și încercările periodice conform normativului PE 116 care trebuie să cuprindă următoarele : măsurarea rezistenței de izolație, încercarea izolației cu tensiune alternativă mărită, măsurarea rezistenței de contact, verificarea separatorului la tensiuni și presiuni maxime și minime, verificarea blocajelor dintre cuțitele principale și cele de punere la pămînt, probe funcționale la închideri și deschideri repetate.

3.3.5.2. EXPLOATAREA ȘI ÎNTREȚINEREA ÎNTRERUPTOARELOR DE ÎNALTĂ TENSIUNE ȘI A DISPOZITIVELOR LOR DE ACȚIONARE. DEFECTE ȘI REMEDIERI. ÎNCERCĂRI ȘI MĂSURĂTORI ÎN EXPLOATARE

În vederea asigurării unei funcționări corespunzătoare, fără pericole de accidente și incendii, precum și pentru a avea asigurată o durată normală de funcționare a întreruptoarelor și a dispozitivelor lor de acționare, este necesar ca în exploatare să se aibă în vedere următoarele :

a) Celula din care face parte întreruptorul trebuie să fie în perfectă stare de curățenie și să nu existe nici un fel de obiecte străine depozitate în apropierea sa.

b) Se vor supraveghea în permanență întreruptoarele și dispozitivele lor de acționare pentru a sesiza posibilele defecțiuni care ar putea apare, și anume :

— defecțiuni de izolație, constînd în urme de conturnări, străpungeri, efluvii sau zgomote suspecte, crăpături sau spargeri ale materialului electroizolant, etc. ;

— asigurarea etanşeităţii perfecte a fluidului de stingere a arcului sau a celui de acţionare ;

— funcţionarea sigură a dispozitivelor de acţionare, constînd în executarea manevrelor în mod corespunzător, la prima comandă primită, fără zgomote suspecte, frecări nepermise sau intervenţii suplimentare din afară ;

— se va urmări în permanenţă să existe o corelaţie perfectă între poziţia întreruptorului, cea a dispozitivului de acţionare şi semnalizările de poziţie aferente, la faţa locului şi la distanţă. În funcţie de gravitatea defecţiunii apărute, personalul de exploatare poate cere retragerea din exploatare a întreruptorului afectat.

c) Se vor verifica parametrii agentului de acţionare a întreruptoarelor (tensiune, presiune ulei, presiune aer etc.) luîndu-se imediat măsuri de încadrare în limitele prescrise dacă se constată eventuale abateri. Este interzisă acţionarea întreruptoarelor în condiţiile în care agentul de acţionare nu se încadrează în limitele prevăzute în norme.

În cazul în care închiderea sau deschiderea întreruptoarelor se face prin armarea unor resoarte pe cale pneumatică sau cu motor electric, presiunea sau tensiunea electrică prea mare pot conduce la deteriorarea sistemului pneumatic sau a motorului electric. În cazul cînd aceşti agenţi de lucru sînt prea mici, armarea nu se poate face corespunzător, deci manevrele nu vor putea fi executate corect.

La întreruptoarele la care aerul comprimat are rolul şi de agent de stingere a arcului, problema menţinerii aerului în limitele prevăzute este şi mai importantă, întrucît — pe lîngă o funcţionare necorespunzătoare din punct de vedere mecanic — este afectată şi puterea de rupere a întreruptorului.

În cazul în care acţionarea întreruptorului se face oleopneumatic, (de exemplu cu MOP-1), se va urmări dacă :

c_1) Apare tendinţa de scădere a presiunii, fapt observabil prin porniri dese ale sistemului motopompă. În această situaţie se vor depista cauzele care au generat aceste fenomene, şi anume :

— pierderi ale uleiului de acţionare pe la îmbinări, în exteriorul rezervorului etc., în care caz se strîng sau se înlocuiesc racordurile sau garniturile defecte ;

— existenţa unor impurităţi în circuitul hidraulic, situaţie în care se va curăţa circuitul prin suflarea sa cu aer comprimat ;

— prezenţa aerului în partea superioară a coloanei, ce se remediază prin purjarea uleiului ;

— nivelul ridicat al uleiului în amortizorul de închidere, caz în care se schimbă garniturile defecte şi se restabileşte nivelul ;

— dereglarea detentorului sau scurgerea internă la detentor, defecţiune care se remediază prin înlocuirea detentorului în cazul în care se constată prin măsurători că acesta este dereglat ;

— apar scăpări de ulei la racordul cu patru căi ; pentru remedierea lui se coboară presiunea şi se strîng sau se înlocuiesc elementele defecte ;

— etanşare necorespunzătoare a clapetei de joasă presiune ; în această situaţie se efectuează cîteva manevre succesive de anclanşare-declanşare, după care — în mod normal — scurgerile trebuie să dispară.

c_2) Motopompa nu reuşeşte să menţină presiunea în limitele admise. Pentru această situaţie, întreruptoarele acţionate cu dispozitive MOP-1 au prevăzută posibilitatea de a realiza la alegere declanşarea întreruptorului, sau blocarea acestuia în poziţia închis, simultan cu semnalizarea scăderii presiunii sub limita admisibilă. Regimul de funcţionare al întreruptorului va fi ales de conducerea întreprinderii de exploatare sau de dispecerat.

d) Se va controla ca tensiunea de comandă a bobinelor de anclanşare sau declanşare să fie menţinută în limitele admise de fabrica constructoare, luîndu-se măsuri urgente de restabilire a acesteia, cînd se constată abateri nepermise.

e) În cazul întreruptoarelor care folosesc ca mediu de stingere uleiul electroizolant, se va urmări în permanenţă nivelul acestuia la sticlele de nivel sau vizoare.

Scăderea nivelului uleiului poate fi generată de neetanşeităţi, scăderea pronunţată a temperaturii, sau cînd întreruptorul a aruncat ulei ca urmare a deconectării unui scurtcircuit puternic.

În cazul că a aruncat ulei, întreruptorul va fi revizuit şi după remedierea defecţiunilor, va putea fi reconectat.

Este interzisă manevrarea sub tensiune a întreruptoarelor dacă nu se mai observă ulei în vizor sau sticla de nivel, sau dacă uleiul a scăzut sub limitele minime admise, în cazul cînd acestea sînt precizate.

În situaţia în care scăderea nivelului uleiului s-a observat din vreme, se va deconecta întreruptorul înainte ca această manevră să devină imposibilă.

f) Se va urmări în permanenţă ca uleiul să fie clar, limpede şi fără suspensii. Uleiul care nu-şi mai menţine proprietăţile menţionate va fi înlocuit. La luarea deciziei de înlocuire a uleiului, se va ţine seama şi de rezultatele probelor de laborator executate în conformitate cu prevederile normativului PE 116.

g) În cazul întreruptoarelor ce folosesc ca mediu de stingere a arcului electric aerul comprimat, în afară de presiunea corespunzătoare, acesta trebuie să fie curat şi uscat.

Curățenia aerului este asigurată prin menținerea stării de curățenie a conductelor rețelei de distribuție a aerului, a rezervoarelor întreruptoarelor etc.

Uscarea aerului se poate efectua prin două trei căderi scurte de presiune, ca urmare a destinderii aerului din rezervoarele de aer ale instalației de comprimare în rețeaua de distribuție.

Trebuie de asemenea făcută purjarea apei de condens din instalația de aer comprimat, în special în perioadele umede ale anului, precum și în cele de îngheț pentru a nu se produce înghețul condensului în instalație.

h) Se va supraveghea tensiunea și curentul de lucru pentru ca acestea să se încadreze în valorile admisibile. Dacă tensiunea nominală a întreruptorului este mai mare decît cea a rețelei în care aceasta lucrează, se va ține cont de scăderea corespunzătoare a puterii de rupere a întreruptorului conform indicațiilor fabricii constructoare.

Se va verifica în permanență să nu fie depășit curentul nominal al întreruptorului, fie prin citirile directe ale ampermetrelor instalate în camera de comandă, fie prin efectuarea unor calcule legate de circulația de puteri în sistem.

i) Se va ține o evidență strictă pentru fiecare întreruptor în parte, a declanșărilor pe scurtcircuit, precum și a reviziilor periodice sau accidentale ale acestora.

j) Reînchiderea întreruptoarelor după un RAR nereușit este permisă numai după un control vizual foarte atent al întreruptorului și al celulei acestuia.

În cazul cînd se constată defecțiuni la întreruptor sau în celula aferentă, se interzice închiderea întreruptorului. Dacă nu se constată defecțiuni, se va anula RAR-ul și după 2 minute de la declanșare se mai poate face o încercare de reconectare. În cazul că survine o nouă declanșare, se va face un control al întregii instalații (celulă, linie, transformator etc.) o nouă reconectare fiind permisă numai după depistarea și înlăturarea defectului.

k) Reînchiderea întreruptoarelor declanșate prin protecție care nu sînt prevăzute cu dispozitive RAR, sau care nu l-au avut în funcțiune, se face astfel :

— la întreruptoarele cu comandă de la fața locului, reconectarea, în caz de nevoie, se va face în condițiile de mai sus ;

— la întreruptoarele cu comandă de la distanță, reconectarea se poate face fără un control prealabil al întreruptorului sau celulei aferente după un timp mai mare sau cel mult egal cu cel dat în cartea tehnică a întreruptorului pentru pauza de RAR minimă admisibilă. În lipsa acestei valori, reînchiderea întreruptoarelor se va face tot după 2 minute de la declanșare.

l) Se admite conectarea repetată a întreruptoarelor de medie tensiune în scopul determinării locului de defect prin metoda secționării de rețea, fără a se depăși însă numărul de declanșări pe scurtcircuit admise între două revizii.

m) Conectarea întreruptoarelor care au întrunit numărul maxim de declanșări pe scurtcircuit se poate face cu acordul dispecerului, în cazuri bine justificate, dacă nu există pericolul de accidentare a personalului care execută manevra în caz de explozie a întreruptorului, iar efectul nealimentării cu energie electrică a consumatorilor depășește costul întreruptorului respectiv.

n) Conform normativelor în vigoare, este interzis a se pune în funcțiune un întreruptor care prezintă următoarele defecțiuni :

— întreruptorul are pierderi ale fluidului necesar stingerii arcului ;

— întreruptorul are izolatoare crăpate, conturnate sau străpunse ;

— întreruptorul are nivelul de ulei scăzut, sau presiunea agentului de stingere necorespunzătoare ;

— dispozitivul de acționare nu funcționează corect sau parametrii agentului de acționare nu se înscriu în limitele prevăzute de fabrica constructoare ;

— întreruptorul are unele elemente deteriorate ;

— au fost descoperite defecte vizibile în instalație, care ar duce la scurtcircuite sau puneri la pămînt în urma conectării întreruptorului ;

— întreruptorul a declanșat prin protecție și are puterea de rupere depășită ;

— întreruptorul a depășit numărul de declanșări pe scurtcircuit, excepție făcînd cazurile indicate anterior ;

— întreruptorul a declanșat printr-o protecție care indică defecte interne ale acestuia ;

— întreruptorul a declanșat ca urmare a izbucnirii unui incendiu sau a producerii unui accident ;

În cadrul reviziilor periodice care se execută asupra întreruptoarelor, se vor verifica :

— Aspectul exterior general al întreruptoarelor (coloane, camere de stingere, sistem pneumatic, hidraulic etc.).

— Se vor revizui camerele de stingere, înlocuindu-se piesele sau subansamblurile defecte, se va completa sau — după caz — se va înlocui uleiul.

— Se vor verifica contactele, înlocuindu-se piesele uzate sau distruse.

— Se va verifica ansamblul mecanismului de acţionare al întreruptorului, se vor strînge şi unge diversele piese în mişcare.

— Se vor verifica coloanele izolante, se vor şterge de praf şi se vor completa cu ulei.

— Se vor controla cursele tijei contactului mobil, controlul pătrunderii tijelor mobile în contactele fixe etc.

— Se vor verifica dispozitivele de acţionare.

— Se va verifica corecta fixare a întreruptorului ;

— Se vor reface după caz inscripţionările şi vopsitoria întreruptorului şi a dispozitivelor lor de acţionare.

Toate operaţiile de mai sus se vor efectua conform cărţilor tehnice ale fiecărui aparat în parte şi respectîndu-se indicaţiile din fişele tehnologice privind revizia întreruptoarelor.

Cu ocazia punerilor în funcţiune sau a reviziilor periodice asupra întreruptoarelor de înaltă tensiune se vor efectua următoarele probe şi încercări, conform normativului PE 116 : măsurarea rezistenţei de izolaţie, măsurarea curentului de fugă al elementelor de coloană, încercarea izolaţiei circuitelor principale cu tensiune alternativă mărită, măsurarea rezistenţei de contact, măsurarea timpilor de acţionare şi a nesimultaneităţii închiderii sau deschiderii camerelor de stingere înseriate, măsurarea rigidităţii dielectrice a uleiului electroizolant, măsurarea tg δ a uleiului de acţionare al întreruptoarelor IO 110. . .400 kV, măsurarea capacităţilor şi rezistenţelor de şuntare, probe funcţionale ale întreruptorului la tensiune şi presiune maximă şi minimă.

Probele de mai sus se execută în totalitate cu ocazia punerilor în funcţiune sau a celei de a doua reparaţii curente. Cu prilejul reviziilor tehnice nu se execută de regulă încercarea izolaţiei circuitelor principale cu tensiunea alternativ mărită.

3.3.5.3. EXPLOATAREA ŞI ÎNTREŢINEREA ÎNTRERUPTOARELOR AUTOMATE DE JOASĂ TENSIUNE. DEFECŢIUNI ŞI REMEDIERI. ÎNCERCĂRI ŞI MĂSURĂTORI ÎN EXPLOATARE

Datorită simplităţii şi robusteţii constructive, întreruptoarele automate de joasă tensiune nu necesită de regulă operaţii speciale care să asigure corecta lor funcţionare.

Este totuşi necesar, ca acestea să fie montate în spaţii uscate, fără praf, ferite de şocuri sau vibraţii mecanice.

În timpul exploatării nu va trebui depășită tensiunea sau curentul nominal al întreruptorului.

În situația în care întreruptoarele sînt acționate cu motoare electrice sau cu dispozitive electromagnetice, se va avea în vedere ca tensiunile de acționare ale acestora să se înscrie în limitele prescrise de fabrica constructoare. Același lucru este valabil și pentru bobinele de închidere sau deschidere, pentru declanșatoarele de tensiune minimă sau cele de deschidere.

În cadrul reviziilor periodice, făcute de regulă după circa 1 000 de manevre sau 6 luni de funcționare, se execută următoarele operații :

— Ștergerea de praf și impurități a întreruptorului.

— Verificarea strîngerii corespunzătoare a barelor de legătură.

— Verificarea stării contactelor și camerelor de stingere. Contactele perlate sau murdare, se curăță cu o pilă fină sau perie de sîrmă. Camerele de stingere care prezintă urme pronunțate de topire sau carbonizare, se înlocuiesc.

— Verificarea funcționării corecte a contactelor auxiliare și de semnalizare.

— Verificarea menținerii calităților funcționale ale întreruptoarelor de joasă tensiune. Aceste probe se execută conform indicațiilor de mai sus.

La întreruptoarele care dispun de motor de armare se execută în plus următoarele operații :

— se verifică și se curăță c- lectorul cu o cîrpă înmuiată într-un solvent ;

— se verifică și se înlocuiesc dacă este cazul periile ;

— se curăță de praf înfășurările.

Conform instrucțiunilor de fabrică, este necesar ca după fiecare declanșare pe scurtcircuit să se examineze contactele și camerele de stingere.

În cadrul operațiilor de revizie efectuate asupra întreruptoarelor de joasă tensiune, un loc aparte îl ocupă efectuarea unor probe care să ofere garanția asupra menținerii calităților funcționale ale întreruptorului lui în decursul timpului, în conformitate cu datele din prospectul întreruptorului, precum și cu cele din normativele în vigoare.

Aceste probe cuprind : măsurarea rezistenței de izolație a circuitelor principale, încercarea izolației principale cu tensiune alternativă mărită, verificarea rezistenței de izolație a bobinelor și motoarelor de acționare, a contactelor auxiliare, măsurarea rezistenței ohmice a electromagneților de acționare, măsurarea tensiunii minime de acționare a electromagneților de închidere, deschidere și DTm, verificarea funcționării elementelor termice și electromagnetice.

3.4. MOTOARE ELECTRICE ŞI COMPENSATOARE SINCRONE

Într-un sistem electroenergetic dezvoltat, consumul de putere reactivă la orele de vîrf de sarcină se ridică, în general, la același ordin de mărime cu consumul de putere activă. Acest consum de putere reactivă se datorește consumatorilor și diferitelor elemente constitutive rețelelor electrice de transport și distribuție (linii electrice, transformatoare, bobine de reactanță).

Cei mai importanți consumatori de putere reactivă sînt motoarele electrice asincrone, cuptoarele electrice cu arc sau cu inducție, transformatoarele de sudură.

Cu cît puterea reactivă crește, cu atît factorul de putere cos φ în sistem este mai mic. Din această cauză, deși puterea reactivă este un element auxiliar necesar în funcționarea mașinilor și aparatelor electrice, existența unui factor de putere redus are consecințe negative în sistemul energetic (v. subcap. 3.5). Funcționarea diferitelor categorii de consumatori și instalații electrice fără compensarea factorului de putere conduce la o încărcare importantă cu putere reactivă a tuturor elementelor rețelei și a generatoarelor sincrone. Astfel, pentru variații mici ale factorului de putere, puterea reactivă necesară funcționării unei instalații variază foarte mult în raport cu puterea activă.

Transportul puterii reactive în rețelele electrice duce la pierderi nejustificate de putere și energie electrică și la variații mari ale tensiunii. Optim, acest lucru se poate rezolva prin producerea descentralizată a puterii reactive cît mai aproape de consumator prin existența unor surse de putere reactivă în diverse puncte de consum ale sistemului energetic. În acest fel necesarul de putere activă va fi satisfăcut de centralele electrice, iar necesarul de putere reactivă va fi satisfăcut, în principal, de sursele specializate de producere a puterii reactive.

Din punct de vedere al numărului, cel mai important consumator de putere reactivă sînt motoarele electrice asincrone.

În stațiile electrice motoarele electrice sînt utilizate la acționarea compresoarelor, dispozitivelor de acționare ale comutatoarelor de ploturi ale transformatoarelor de forță, ventilatoarelor, electropompelor.

Compensatorul sincron este un generator sincron care funcționînd supraexcitat produce putere reactivă, iar în cazul funcționării subexcitat consumă putere reactivă.

Compensatoarele se amplasează în nodurile importante ale sistemului energetic ca unități de mare putere, numărul lor fiind relativ mic în prezent.

Din cauza utilizării limitate a acestor echipamente în stațiile electrice, în prezenta lucrare nu s-au dezvoltat, lăsînd în seama altor cărți de specialitate acest lucru.

3.5. BATERII DE CONDENSATOARE

3.5.1. CONSIDERAȚII GENERALE

3.5.1.1. NOȚIUNI INTRODUCTIVE

Bateriile de condensatoare se utilizează în rețelele electrice sub formă de baterii de condensatoare șunt (derivație) și baterii de condensatoare serie.

Bateriile de condensatoare serie se montează în lungul unei linii electrice de înaltă sau medie tensiune pentru compensarea longitudinală, adică pentru îmbunătățirea condițiilor de transport, reglarea tensiunii pe linie, reducerea variațiilor tensiunii provocate de diferiți consumatori, mărirea capacității de transport a liniilor electrice. În condițiile unui sistem energetic puternic dezvoltat, la noi în țară nu s-a adoptat acest sistem de compensare longitudinală, utilizîndu-se alte soluții pentru îmbunătățirea condițiilor de transport al energiei pe linii, corelate cu o eficiență economică corespunzătoare.

Bateriile de condensatoare șunt se montează în paralel cu rețeaua, pentru îmbunătățirea factorului de putere, prin furnizarea puterii reactive absorbite de receptoarele inductive (motoare electrice, bobine cu sau fără miez de fir, lămpi florescente), ca și de transformatoarele de forță și liniile electrice aeriene.

Deoarece prezentul capitol tratează numai bateriile de condensatoare șunt, acestea se vor denumi pe parcursul lucrării baterii de condensatoare.

Bateriile de condensatoare se montează pe barele de medie tensiune ale stațiilor electrice de transformare sau pe barele de joasă tensiune ale posturilor de transformare, avînd ca efecte reducerea transportului de putere reactivă pe linii. Transportul puterii reactive într-o rețea electrică

are o influență negativă asupra funcționării acesteia atît din punct de vedere tehnic, cît și economic. Transportarea puterii active cu un factor de putere mic implică următoarele consecințe:

— micșorarea capacității de producere a puterii active de către generatoare;

— reducerea capacității de transport a transformatoarelor și liniilor electrice;

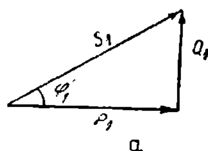
— înrăutățirea tensiunii și căderi de tensiune în diferite puncte ale rețelei;

— creșterea pierderilor la producerea și transportul energiei electrice;

— creșterea investițiilor în sistem pe kW alimentat;

— dificultățile tehnice în exploatarea rețelelor electrice (creșterea curentului permanent de scurtcircuit, înrăutățirea condițiilor de întrerupere a circuitului prin stingerea arcului electric).

În fig. 3.5.1 este reprezentată creșterea factorului de putere ($\cos\varphi$) în sistem la locul de racord al bateriei de condensatoare. Bateria de condensatoare furnizînd puterea reactivă, compensează puterea absorbită de consumatorii inductivi, îmbunătățind factorul de putere. În cazul instalării bateriei de condensatoare, puterea debitată de rețea crește ($Q_2 > Q_1$) și o dată cu acesta crește și factorul de putere $\left(\cos\varphi_1 = \frac{Q_1}{S_1},\ \cos\varphi_2 = \frac{Q_2}{S_2},\ \cos\varphi_2 > \cos\varphi_1\right)$.



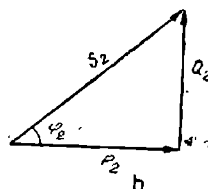


Fig. 3.5.1. Compensarea factorului de putere $\cos\varphi$: *a* — fără compensare; *b* — cu compensare.

3.5.1.2. CARACTERISTICILE BATERIILOR DE CONDENSATOARE

Elementul de condensator este partea indivizibilă a condensatorului, constituit din armături metalice separate printr-un dielectric.

Condensatorul unitar este un ansamblu format din unul sau mai multe elemente de condensator așezate în aceeași cuvă, legate la bornele de ieșire. Condensatoarele unitare pot fi monofazate sau trifazate.

Bateria de condensatoare se compune din grupuri de condensatoare unitare legate electric.

Tensiunea nominală U_n este valoarea efectivă a tensiunii între borne pe care condensatorul trebuie să o suporte în mod continuu.

Puterea nominală Q_n este puterea reactivă corespunzătoare tensiunii nominale și frecvenței nominale pentru care s-a construit condensatorul.

Curentul nominal I_n este valoarea efectivă a curentului care trece printr-o bornă de linie cînd condensatorul debitează puterea sa nominală, la tensiunea nominală și frecvența nominală.

Capacitatea nominală C_n este valoarea proiectată a capacității între bornele condensatorului, la temperatura de 20°C.

Pierderile condensatorului reprezintă suma puterilor active absorbite de condensator.

Funcționarea bateriilor de condensatoare are loc în anumite condiții de temperatură. Pentru aceasta se definesc două temperaturi :

— *temperatura minimă* a aerului ambiant la care condensatorul poate fi pus sub tensiune, care — conform STAS 7083 — are una din următoarele valori : —40°C, —25°C, —10°C;

— *temperatura maximă* a aerului ambiant la care condensatorul poate fi utilizat, care — conform STAS 7083 — are una din următoarele valori : +40°C, +45°C, +50°C.

Umiditatea relativă maximă a aerului pentru bateria de condensatoare, care — conform aceluiași STAS — este :

80% la +35°C pentru condensatoare de interior ;

85% la +40°C pentru condensatoare de exterior.

Bateria de condensatoare trebuie să suporte timp nelimitat o supratensiune de 1,1 U_n, cu condiția nedepășirii tensiunii maxime admisibile pe condensatoare.

Abaterile de la capacitatea nominală, respectiv puterea nominală, sînt cuprinse între —5% și +10%.

Bateria de condensatoare trebuie să suporte la funcționarea continuă, un curent maxim de 1,3 I_n pe fază la U_n și frecvența nominală.

Bateriile de condensatoare se prevăd cu o instalație fixă de descărcare automată, conectată între bornele sau barele bateriei, capabilă să reducă tensiunea reziduală sub 50 V în maximum 5 minute la bateriile de condensatoare de medie tensiune și sub 40 V în maximum 1 minut la bateriile de condensatoare de joasă tensiune din posturile de transformare. La bateriile de medie tensiune instalația este constituită din două transformatoare de tensiune bipolare montate în „V“, amplasate lîngă baterie și racordate la bornele ei. Schema electrică a unei

fel de instalaţii de descărcare este reprezentată în fig. 3.5.2. La baterie de joasă tensiune, instalaţia este constituită din rezistenţe bobinate şi chimice, de putere corespunzătoare, montate la bornele bateriei în lapul de comandă al acestuia. Schema electrică a unei astfel de instalaţii de descărcare este reprezentată în fig. 3.5.3.

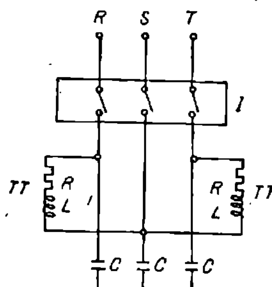


Fig. 3.5.2. Schema electrică a instalaţiei de descărcare formată din două transformatoare de tensiune bipolare TT
R_L, L — rezistenţa şi inductanţa transformatorului de tensiune TT;
I — întreruptor.

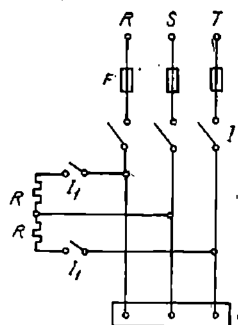


Fig. 3.5.3. Schema electrică a instalaţiei de descărcare formată din rezistenţele R:
I — întreruptor; I_1 — contacte auxiliare ale întreruptorului I; C — bateria de condensatoare; F — siguranţe fuzibile.

3.5.1.3. CLASIFICAREA BATERIILOR DE CONDENSATOARE

Bateriile de condensatoare se clasifică după următoarele criterii:
După numărul fazelor:
— monofazate;
— trifazate.
După natura mediului în care se amplasează:
— de interior;
— de exterior;
După izolaţia bornelor:
— cu bornele izolate faţă de cuvă;
— cu una din borne legate la cuvă.
După tensiunea reţelei la care se racordează:
— de medie tensiune 6, 10 sau 20 kV;
— de joasă tensiune 0,4 kV.

După numărul de trepte:
— cu o treaptă;
— cu mai multe trepte.
După materialele de impregnare:
— cu uleiuri minerale;
— cu uleiuri sintetice clorurate (clordifenil).
După modul de conectare a bateriei:
— manual;
— automat.
După modul de funcționare a bateriei:
— baterii fixe, care stau conectate permanent la rețea;
— baterii cu conectare, care se conectează și se deconectează manual sau automat în funcție de cerințele rețelei;
— baterii cu reglaj, avînd o putere variabilă datorită conectării unui anumit număr de elemente.
După conexiunea bateriei:
— în stea;
— în triunghi.

3.5.1.4. SCHEME ELECTRICE DE CONEXIUNI

În rețelele electrice, bateriile de condensatoare se racordează în următoarele puncte:
— în stațiile electrice de transformare, pe barele de 6,10 sau 20 kV;
— în posturile electrice de transformare, pe barele de 0,4 kV.

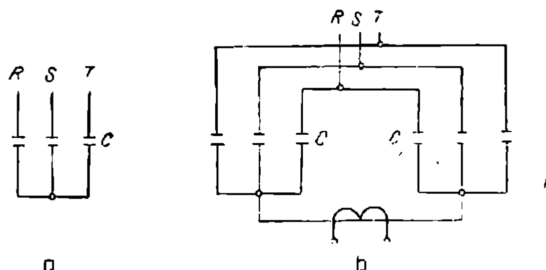


Fig. 3.5.4. Schema de conexiuni a bateriei de condensatoare în stea:
a — stea simplă; *b* — stea dublă.

În stațiile de transformare bateriile de condensatoare se racordează în simplă stea, fig. 3.5.4, *a*, sau în dublă stea — fig. 3.5.4 *b*, cu neutrul izolat față de pămînt.

Pentru realizarea bateriilor de o anumită putere se conectează mai multe ramuri în paralel pe fază, fig. 3.5.5., iar pentru obţinerea bateriilor de o anumită tensiune (6, 10 sau 20 kV) se conectează în serie pe fază mai multe condensatoare, fig. 3.5.6.

În posturile de transformare bateriile de condensatoare de joasă tensiune sînt trifazate, racordîndu-se mai multe condensatoare în paralel.

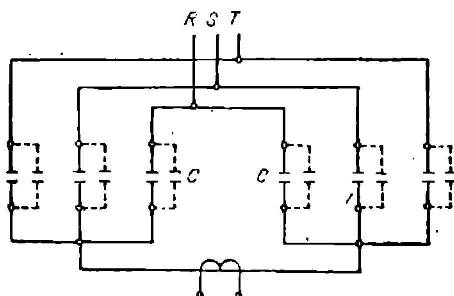


Fig. 3.5.5. Schema de conexiuni a bateriei de condensatoare cu mai multe ramuri în paralel pe fază.

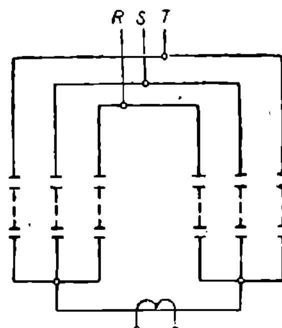


Fig. 3.5.6. Schema de conexiuni a bateriei de condensatoare cu mai multe condensatoare în serie pe fază.

3.5.1.5. AUTOMATIZAREA BATERIILOR DE CONDENSATOARE

Automatizarea bateriilor de condensatoare este concepută a se realiza cu un regulator electronic tranzistorizat numit bloc de comandă automată (BCA). Regulatorul asigură un reglaj automat a puterii reactive debitate de bateria de condensatoare pe barele de medie tensiune şi joasă tensiune funcţie de valoarea puterii vehiculate prin transformatorul de putere care alimentează bara respectivă. Regulatorul comandă anclanşarea sau declanşarea întreruptoarelor bateriei (trepte) în vederea menţinerii la o valoare prestabilită a factorului de putere. În fig. 3.5.7 este reprezentat schematic BCA pentru o baterie de condensatoare de medie tensiune, iar în fig. 3.5.8 este reprezentată schema bloc a unui BCA cu trei trepte egale.

BCA are caracteristicile tehnice prezentate în tabelul 3.5.1.

Tabelul 3.5.1

Caracteristicile tehnice ale blocului de comandă automată (BCA)

— Tensiunea de semnal	100 V c.a.
— Variația tensiunii de alimentare	+100...—15
— Curentul de semnal	0...5 A
— Variația unghiulară pentru anclanșare	0...90°
— Frecvența tensiunii de semnal	48...52 Hz
— Numărul treptelor de reglare	5
— Eroarea maximă a valorilor de reglaj	10%
— Variația unghiulară pentru declanșare	90...180°

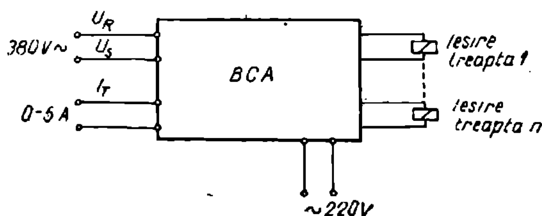


Fig. 3.5.7. Reprezentarea schematică a BCA cu circuitele de intrare și ieșiri.

3.5.1.6. TIPURI DE CONDENSATOARE UTILIZATE ÎN STAȚII

Condensatoarele cu care s-au construit pînă în prezent bateriile de medie tensiune din stațiile de transformare sînt monofazate, de următoarele tipuri : LKCF (ISOKOND — R.D.G.), KC (U.R.S.S.), USOKP (NOKIA — Finlanda), CSC (ITM Filiași — R.S.R.).

Semnificația simbolizării condensatoarelor este următoarea:

a) LKCF 100/3,64 E (100/6,3 E) cu impregnant clordifenil ;

LK tipul fabricației ;

C impregnant clordifenil ;

F instalare în exterior ;

100 — puterea nominală în kvar ;

3,64 (6,3) — tensiunea nominală în kV ;

E — monofazate cu ambele borne izolate.

b) KC—2—1,05—60—2Y1 ; KC—2—6,3—75—2Y1, cu impregnant ulei ;

K — condensator pentru îmbunătățirea cos φ

C — impregnant cu ulei sintetic ;

2 — gabaritul cuvei ;

1,05 (6,3) tensiunea nominală în kV;
60 (75) puterea nominală în kvar;
2 — monofazat cu ambele borne izolate;
Y — tipul de fabricaţie;
1 — categoria.
c) USOKP 167/6350, cu impregnant clordifenil.
USOKP — tipul condensatorului; pentru exterior, unitate monofazată cu o singură bornă izolată, cu 4 elemente de condensator conectate în serie, cu rezistenţă interioară de descărcare de 3 600 kΩ, siguranţă fuzibilă interioară pe fiecare element de condensator;
167 — puterea nominală în kvar;
6350 tensiunea nominală în V.
d) CSC — 3,64/50 — 100—2E; CSC—6,06/50—100 1 E;
C — condensator pentru îmbunătăţirea factorului de putere;
S — impregnant ulei sintetic (clordifenil);
C — dielectric solid combinat (hîrtie polipropilenă);
3,64 (6,06) — tensiunea între borne în kV;

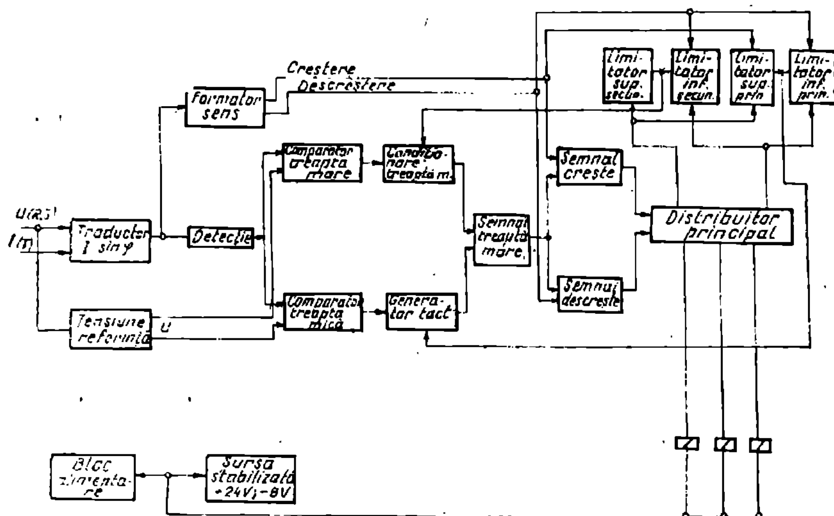


Fig. 3.5.8. Schema bloc BCA cu 3 trepte egale.

100 — puterea nominală în kvar;
2(1) — ambele borne izolate (o bornă izolată);
E — instalare în exterior.

În figura 3.5.9 sînt reprezentate tipurile de condensatoare de mai sus, iar în tabelul 3.5.2 sînt prezentate caracteristicile lor.

Caracteristicile tipurilor de condensatoare pentru medie tensiune

Tipul condensatorului	Puterea nominală [kvar]	Tensiune nominală [kV]	Capacitate nominală (μF)	Nivel de izolație [kV]	Temperatură maximă (°C)	Înălțime [mm]	Masă [kg]	Observații
LKCF 100/3,64E ISOKOND	100	3,64	24	7,2	45	636^{+8}_{-6}	35	Fără siguranțe interioare
LKCF 100/6-3E ISOKOND	100	6,3	8	12	45	664^{+9}_{-7}	35	Fără siguranțe interioare
KC-2-1,05—60-2Y1	60	1,05	144	1,2	40	$740^{\pm 7}$	54	Cu siguranțe interioare
KC-2-6,3-75-2Y1	75	6,3	6	7,2	40	$790^{\pm 9}$	54	Fără siguranțe interioare
USOKP 167/6350	167	6,35	13,2	28	—	1 020	53	Cu siguranțe interioare
CSC-3,64/50-100 2E	100	3,64	$24^{+10\%}_{-5\%}$	7,2	55	720	42	Fără siguranțe interioare
CSC-6,06/50-100 1E	100	6,06	$8,67^{+10\%}_{-5\%}$	12	55	770	42	Fără siguranțe interioare

Condensatoarele cu care s-au construit bateriile de condensatoare de joasă tensiune din posturile de transformare sînt trifazate de tip CS 0,380—20 (15)—3.

Semnificația simbolizării condensatoarelor este următoarea:

C — condensator pentru îmbunătățirea factorului de putere;

S — impregnant ulei sintetic (clordifenil);

0,380 — tensiunea între borne în kV;

20(15) — puterea nominală în kvar;

3 — trifazat cu toate bornele izolate.

În fig. 3.5.9 sînt reprezentate tipurile de condensatoare de mai sus, iar în tabelul 3.5.3 sînt indicate caracteristicile lor.

Bateriile de condensatoare de 6, 10 kV respectiv 20 kV se execută, de regulă, pînă la 3 Mvar respectiv 4,8 Mvar pe treaptă. Pentru aceste

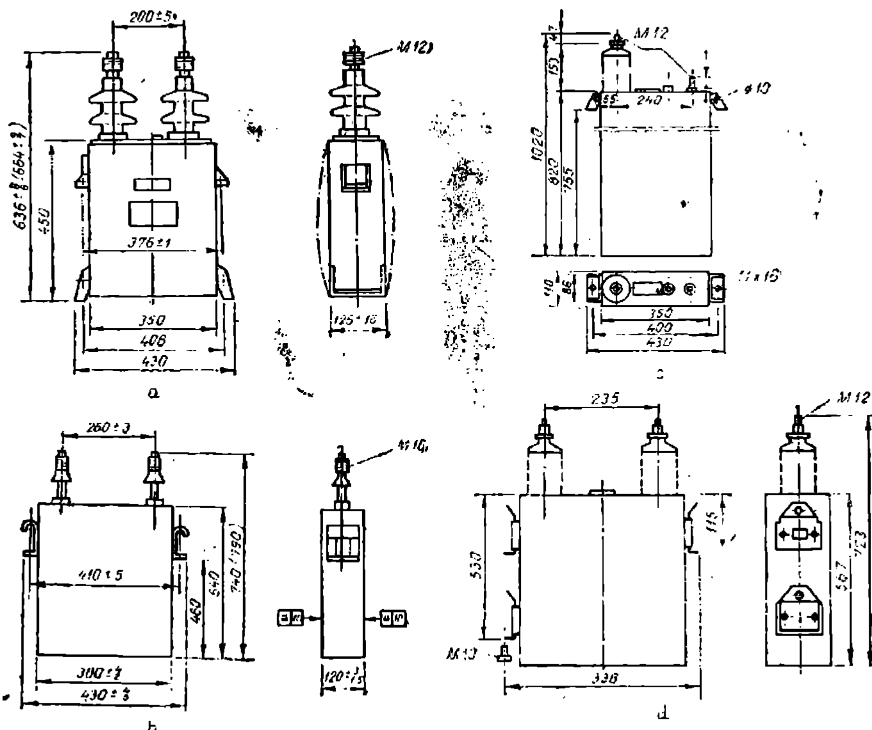


Fig. 3.5.9. Condensatoare de medie tensiune utilizate în stațiile electrice de transformare:

a — condensator LKCF 100/3,64 E (100/6,3 E,; b — condensator KC-2-1.05-60-2Y1; (KC-2-6,3-75 2Y1); c — condensator USOKP 167/6150; d — condensator CSC-2,64/100-2 E (CSC-6,06/100-1E).

Tabelul 3.5.3

Caracteristicile tipurilor de condensatoare pentru joasă tensiune

Tipul condensatorului	Putere nominală (kvar)	Tensiune nominală (kV)	Capacitate nominală (μF)	Nr. de faze	Curent nominal [A]	Masă [kg]	Tensiunea maximă [kV]
CS 0,380-15-3	15	0,380	330	3	3×22,8	28	0,420
CS 0,380-20-3	20	0,380	440	3	3×30,4	32	0,420

baterii se utilizează, de regulă, următoarele trepte de puteri: 1, 2; 1,8; 2,4; 3; 4,8 Mvar.

Bateriile de condensatoare de 0,4 kV se execută, de regulă, cu puteri pînă la 240 kvar pe treaptă, utilizîndu-se ca trepte multiplii de 15 sau 20 kvar.

3.5.2. EXPLOATARE. PRINCIPALELE DEFECȚIUNI ȘI REMEDIEREA LOR

3.5.2.1. EXPLOATAREA BATERIILOR DE CONDENSATOARE

Funcționarea sigură a bateriilor de condensatoare depinde în mare măsură de modul în care se execută exploatarea lor. Exploatarea bateriilor de condensatoare începe din faza de preluare în exploatare după montarea lor în instalații.

La preluarea în exploatare a bateriilor de condensatoare se vor face următoarele verificări:

— se urmărește respectarea tuturor prevederilor proiectului de execuție privind montarea, legăturile la rețea, asigurarea condițiilor de înlocuire a condensatoarelor fără scoaterea din funcțiune a restului instalației, precum și detaliile constructive specificate de proiectant și dacă sînt montate toate îngrădirile prevăzute în proiect;

— existența condițiilor de acces nepericuloase la condensatoarele bateriei pentru executarea controlului;

— dacă condensatoarele sînt fixate corespunzător pe stelajul lor;

— existența legăturilor la pămînt a cuvelor condensatoarelor. În incinta bateriei se verifică existența următoarelor legături la pămînt: carcasele transformatoarelor de măsură, secundarele transformatoarelor de măsură, mantalele cablurilor de alimentare, panourile de plasă metalică a împrejmuirii asigurîndu-se cotinuitatea elementelor cu funie metalică, poarta împrejmuirii;

— în cazul bateriilor montate în exterior se verifică încadrarea lor în zona de acționare a mijloacelor de protecție împotriva supratensiunilor atmosferice;

— existența tuturor inscripționărilor aferente bateriei de condensatoare;

— aspectul exterior al izolatoarelor stativelor metalice care susţin condensatoarele ;

— starea părţilor metalice (stativelor, îngrădirilor) şi modul de protecţie contra coroziunii ;

— existenţa plăcuţelor cu datele tehnice şi avertizoare şi dacă acestea sînt uşor vizibile personalului de exploatare ;

— controlul detaliat asupra tuturor conexiunilor electrice ;

— în cazul bateriilor interioare se verifică dacă ventilaţia încăperii este corespunzătoare şi dacă temperatura nu depăşeşte temperatura maximă admisibilă pe condensator ;

— existenţa tuturor buletinelor de încercări şi măsurători ale fabricii constructoare şi ale unităţii de montaj, conform normativelor MEE — PE 003 şi PE 116 ;

— integritatea condensatoarelor, etanşeitatea lor, aspectul carcasei condensatoarelor (lipsa bombărilor, fisurilor, deformărilor) ;

— starea izolatoarelor condensatoarelor, dacă fixarea lor în carcasă este etanşă ;

— verificarea descărcării complete a bateriei ; bateria nu se va conecta la reţea dacă condensatoarele nu au fost complet descărcate ;

— în cazul existenţei automatizării bateriei de condensatoare, se verifică instalaţia respectivă conform documentaţiei fabricii constructoare sau proiectului ;

— în cazul bateriei de condensatoare de joasă tensiune se verifică dulapul de comandă al bateriei (legături, aparate, rezistenţele de descărcare) ;

— starea aparatajului de comutaţie, a protecţiei, automatizărilor, a aparatelor de măsurat ;

— posibilitatea de preluare în exploatare se execută astfel : se conectează de trei ori bateria la tensiunea reţelei de fiecare dată pe o durată de cîteva minute. În timpul conectării nu trebuie să apară fenomene anormale în funcţionarea bateriei : bîzîit în condensatoare, scîntei pe legături, scurgeri de impregnant, variaţii ale curentului bateriei.

Exploatarea bateriei de condensatoare constă în supravegherea în timpul funcţionării de către personalul de exploatare şi presupune următoarele verificări :

— urmărirea aspectului exterior al condensatoarelor în ceea ce priveşte integritatea cuvei, etanşeitatea, lipsa umflăturilor, scurgerilor de material impregnant pe lîngă izolatoare sau pe la îmbinările cuvei

— starea izolatoarelor condensatoarelor, curăţenia lor, lipsa fisurilor ;
— verificarea conexiunilor dintre condensatoare, starea clemelor de legătură ;
— starea instalaţiei de descărcare a bateriei de condensatoare ;
— existenţa indicatoarelor de securitate şi de avertizare ;
— existenţa mijloacelor de stingere a incendiilor şi de protecţie a muncii ;
— starea împrejmuirilor şi a parasolarului la bateriile de exterior ;
— lipsa obiectelor străine din incinta bateriei ;
— temperatura mediului ambiant ;
— valoarea tensiunii la bornele bateriei ;
— integritatea siguranţelor fuzibile.

3.5.2.2. PRINCIPALELE DEFECŢIUNI ŞI REMEDIEREA LOR

Principalele defecţiuni care pot să apară la bateriile de condensatoare sînt următoarele :

— încălziri ale îmbinărilor prin care se realizează legătura bateriei de condensatoare la instalaţie. Personalul de exploatare va cerceta existenţa unor încărcări exagerate pe fazele bateriei sau scurtcircuitarea (străpungerea) unor condensatoare. Bateria de condensatoare se va retrage din exploatare şi se va îndepărta cauza ;

— conturări, străpungeri sau fisuri la izolatoarele condensatoarelor. Bateria se va retrage din exploatare şi se va îndepărta cauza ;

— zgomot anormal în unul sau mai multe condensatoare ale bateriei, care poate fi sub formă de bîzîit, descărcări sau pocnituri. Bateria se retrage din exploatare şi se vor executa asupra condensatoarelor măsurători ;

— scurgeri de masă impregnantă pe la încheieturile cuvei sau la izolatoare. Bateria se retrage din exploatare şi se va înlocui condensatorul respectiv ;

— bombarea cuvei, care poate avea loc din cauza unor fenomene electrochimice sau electromecanice din condensator. Bateria de condensatoare se retrage din exploatare şi se înlocuieşte condensatorul respectiv ;

— depăşirea tensiunii nominale cu peste 10%. Deoarece condensatoarele se pot deteriora prin depăşirea tensiunii maxime de funcţionare la bornele lor, se vor lua măsuri de scădere a tensiunii la bornele lor ; în caz contrar, se va retrage din exploatare bateria de condensatoare ;

— depăşirea temperaturii maxime a mediului ambiant.

Deoarece este posibil să apară degradări şi dilatări ale materialului izolant de impregnare ale condensatoarelor, ducînd la bombarea cuvei condensatoarelor şi scurgeri de material, se va analiza cauza creşterii temperaturii şi se vor lua măsuri de aducere a temperaturii mediului la parametrii nominali (aerisire, ventilaţie). În caz contrar, bateria se va retrage din exploatare ;

— sarcina pe faze este neuniformă, cauzată de încărcări nesimetrice ale fazelor. La depăşirea neuniformităţii cu 10% bateria se va retrage din exploatare şi se va echilibra sarcina pe faze ;

— creşterea curentului debitat de baterie peste valoarea admisibilă. Se vor cerceta cauzele suprasarcinii, iar cînd aceasta depăşeşte 30% bateria se va retrage din exploatare.

3.5.3. ÎNTREŢINERE, ÎNCERCĂRI ŞI MĂSURĂTORI ÎN EXPLOATARE

3.5.3.1. CONDIŢII DE EXECUTARE A LUCRĂRILOR

Toate lucrările la bateriile de condensatoare se vor executa numai după scoaterea de sub tensiune a tuturor instalaţiilor bateriei de condensatoare din incinta împrejmuită în care acestea sînt montate.

Pentru aducerea bateriei de condensatoare în „stare legat la pămînt", se va respecta următoarea ordine a operaţiilor :

a) la bateriile de medie tensiune în staţiile de transformare

— deconectarea întreruptorului celulei bateriei de condensatoare, în care moment bateria se va descărca pe instalaţia de descărcare (transformatoarele de măsură) ;

— crearea unei separaţii vizibile prin deschiderea separatorului din celula bateriei de condensatoare. În cazul celulelor debroşabile, la care nu există separator, separaţia vizibilă se va crea prin debroşarea întreruptorului ;

— verificarea cu indicatorul de tensiune a lipsei tensiunii în celula bateriei de condensatoare, la cele trei borne ale cablului de alimentare a bateriei ;

— închiderea cuţitelor de legare la pămînt din celula bateriei.

După executarea acestor operaţii se pătrunde în incinta bateriei, unde se vor executa următoarele operaţii :

— descărcarea bateriei de condensatoare la bornele de alimentare cu prăjina specială de descărcare ;

— montarea scurtcircuitorului şi legarea la pămînt a fazelor bateriei de condensatoare ;

— verificarea lipsei tensiunii la nulul bateriei de condensatoare;
— montarea scurtcircuitoarelor şi legarea la pămînt a barei de nul a bateriei de condensatoare;
— închiderea cuţitelor de legare la pămînt a stativelor izolate faţă de sol ale bateriei de condensatoare;
— descărcarea cu prăjina specială de descărcare timp de cca 5 s a condensatoarelor la care se va lucra şi a condensatoarelor învecinate acestora (dacă se lucrează la toate condensatoarele bateriei, operaţia de descărcare se va executa la toate condensatoarele);
— legarea la pămînt şi scurtcircuitarea bornelor fiecărui condensator (operaţia se execută imediat după descărcarea condensatorului respectiv).

Scurtcircuitarea bornelor condensatoarelor şi legarea la pămînt se va menţine pe întreaga perioadă a lucrărilor la baterie.

b) la bateriile de joasă tensiune în posturile de transformare
— deconectarea întreruptorului (contactorului) bateriei de condensatoare, în care moment bateria se va descărca pe instalaţia de descărcare (rezistenţe) aflată în dulapul de comandă al bateriei;
— crearea unei separaţii vizibile prin scoaterea siguranţelor fuzibile din dulapul de comandă al bateriei;
— verificarea cu indicatorul de tensiune a lipsei tensiunii în dulapul de comandă al bateriei, la cele trei borne ale cablului de alimentare a bateriei.

După executarea acestor operaţii în dulapul de comandă al bateriei se ridică îngrădirile din plasă de sîrmă şi se vor executa următoarele operaţii la condensatoare;
— descărcarea bateriei de condensatoare la bornele de alimentare cu o prăjină specială de descărcare (în lipsa acesteia, cu un scurtcircuitor). În cazul existenţei mai multor trepte de condensatoare, operaţia se repetă la fiecare treaptă;
— montarea scurtcircuitoarelor şi legarea la pămînt a fazelor bateriei de condensatoare. În cazul existenţei mai multor trepte de condensatoare, operaţia se repetă la fiecare treaptă.

Scurtcircuitarea bornelor condensatoarelor şi legarea la pămînt se va menţine pe întreaga perioadă a lucrărilor la baterie.

3.5.3.2. LUCRĂRI DE ÎNTREŢINERE

• Revizia tehnică (RT) a bateriilor de condensatoare cuprinde ansamblul de operaţii executate periodic pentru verificarea, curăţirea, eliminarea unor defecţiuni, piese uzate sau subansambluri, măsurători profilactice, avînd şi scopul de a constata starea tehnică a instalaţiilor înainte de executarea reparaţiei planificate.

Revizia tehnică se execută la locul de amplasare a bateriei de condensatoare, de către echipe specializate.

Conținutul orientativ al lucrărilor de revizie tehnică a bateriilor de condensatoare este următorul:

— curățirea suprafeței izolatoarelor și a condensatoarelor;

— controlul vizual al tuturor conexiunilor;

— controlul îmbinărilor și strîngerea pieselor de îmbinare;

— controlul vizual al integrității condensatoarelor, etanșeității acestora, aspectul cuvei (lipsa bombărilor);

— revizia tehnică a transformatoarelor de curent și tensiune;

— remedieri defecțiuni la fundație și la acoperișul protector (la condensatoarele montate în exterior);

— corecturi de vopsire;

— revizia tehnică a instalației de descărcare;

— revizia tehnică a dulapului de comandă a bateriei de joasă tensiune;

— controlul blocului de comandă automată;

— încercări și măsurători profilactice și anume: măsurarea rezistenței de izolație dintre borne și dintre borne și carcasă, măsurarea capacității condensatoarelor, măsurarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice tg δ, încercarea cu tensiune continuă între borne, încercarea izolației condensatoarelor cu tensiune mărită alternativă (50 Hz), controlul conectării la tensiune nominală.

Costul lucrărilor de revizii tehnice la bateriile de condensatoare nu trebuie să depășească 5% din valoarea de înlocuire a fondului fix.

Periodicitatea lucrărilor de revizii tehnice ce se execută la bateriile de condensatoare montate în stațiile sau posturile de transformare este de un an.

Prima revizie tehnică se execută, indiferent de ciclul de funcționare normat, la un an de la punerea în funcțiune.

• Reparația curentă (RC) a bateriilor de condensatoare cuprinde ansamblul de operații prin care se urmărește aducerea tuturor părților bateriei de condensatoare la parametrii proiectați, remediindu-se toate defecțiunile constatate în timpul exploatării, pentru asigurarea funcționării în condiții de siguranță pînă la următoarea reparație capitală.

Conținutul orientativ al lucrărilor de reparații curente la bateriile de condensatoare este următorul:

— lucrările prevăzute la revizia tehnică;

— înlocuirea pieselor defecte fără demontarea elementelor de condensator;

— demontarea elementelor de condensator și înlocuirea lor cu altele noi;

— vopsirea condensatoarelor și a construcției metalice;
— încercările și măsurătorile profilactice indicate la lucrările de revizie tehnică.

Pentru bateriile de condensatoare sînt prevăzute în normativ numai lucrări de reparații curente de gradul II. Valoarea acestor lucrări nu trebuie să depășească 10% din valoarea de înlocuire a fondului fix.

Periodicitatea lucrărilor de reparații curente este de 5 ani.

● Reparația capitală (RK) a bateriilor de condensatoare reprezintă complexul de lucrări prin care se asigură readucerea caracteristicilor tehnico-funcționale la parametrii proiectați. În cadrul reparațiilor capitale se efectuează înlocuirea totală sau parțială a unor elemente deteriorate ca urmare a uzurii fizice și se execută modernizări în vederea îmbunătățirii stării tehnice a instalației sau pentru îmbunătățirea parametrilor tehnico-funcționali.

Conținutul orientativ al lucrărilor de reparații capitale la bateriile de condensatoare este următorul:

— lucrările prevăzute la reparațiile curente;
— lucrări de reparații efectuate în scopul readucerii bateriei de condensatoare cît mai aproape de caracteristicile inițiale, cu demontarea parțială sau totală a bateriei de condensatoare, cu înlocuirea pieselor uzate, a unuia sau mai multor elemente defecte;
— îmbunătățiri și modernizări ale instalației;
— încercările și măsurătorile profilactice indicate la lucrările de reparație curentă.

Valoarea lucrărilor de reparații capitale nu trebuie să depășească 35% din valoarea de înlocuire a fondului fix.

Periodicitatea lucrărilor de reparații capitale este de 10 ani.

3.6. ECHIPAMENTE PENTRU TRATAREA NEUTRULUI ÎN REȚELELE ELECTRICE

3.6.1. CONSIDERAȚII GENERALE

Punctul neutru al înfășurărilor transformatoarelor cu conexiunea stea reprezintă un punct simetric (median) față de cele trei faze. În regim normal de funcționare, din motive de simetrie, punctul neutru (de nul) se află la potențialul pămîntului, dar în funcție de legăturile existente între sistemul trifazat de conductoare și pămînt, potențialul neutrului

față de pămînt poate lua valori diferite. Această tensiune a punctului neutru față de pămînt se numește *tensiune de deplasare* sau *deplasarea punctului neutru*. Deplasarea punctului neutru depinde direct de modul de realizare a legăturii dintre punctul neutru și pămînt. Dacă se realizează o legătură electrică de impedanță mică între neutrul transformatorului și pămînt, aceasta tinde să „mențină" potențialul neutrului egal cu cel al pămîntului, iar cu cît impedanța de legătură este mai mare, cu atît „menținerea" potențialului neutrului la potențialul pămîntului este mai puțin eficientă. Dacă nu se realizează nici o legătură a neutrului rețelei cu pămîntul, potențialul neutrului poate oscila în raport cu potențialul pămîntului; valoarea tensiunii de deplasare a neutrului se va stabili la un potențial care depinde de valoarea impedanțelor sistemului trifazat de conductoare față de pămînt.

Din punct de vedere a poziției neutrului rețelei față de pămînt, se deosebesc următoarele tipuri de rețele:

— *rețele cu neutrul izolat*, la care neutrele nu au nici o legătură voită cu pămîntul;

— *rețele cu neutrul legat la pămînt*, la care neutrele pot fi legate direct la pămînt sau printr-o rezistență de valoare mică. Aceste rețele pot avea toate neutrele legate la pămînt sau numai o parte din ele;

— *rețele cu neutrul compensat*, la care neutrele sînt legate la pămînt prin bobine cu o reactanță comparabilă cu reactanța capacitivă a rețelei. Astfel de bobine se numesc bobine de stingere.

În fig. 3.6.1. sînt reprezentate tipurile de rețele respective.

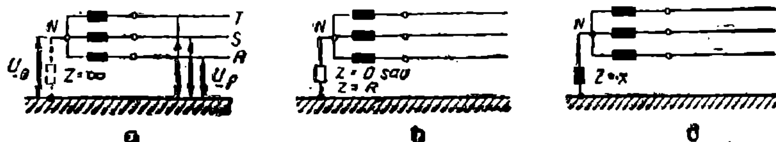


Fig. 3.6.1. Modul de tratare a neutrului rețelelor electrice:
a — neutrul izolat; *b* — neutrul legat la pămînt; *c* — neutrul compensat.

La alegerea modului de tratare a neutrului unei rețele se are în vedere modul de comportare a rețelei la puneri la pămînt. Punerea la pămînt este un defect care constă în crearea unei legături accidentale, printr-o rezistență de valoare zero sau finită, între pămînt și o fază a rețelei care nu are în nici un alt punct o legătură netă cu pămîntul.

Cele mai frecvente puneri la pămînt în rețelele electrice apar din cauza conturnărilor izolației datorită supratensiunilor atmosferice. În acest fel modul de tratare a neutrului unei rețele are în vedere lichidarea

cît mai rapidă și fără urmări a arcului electric de punere la pămînt care apare în urma conturnării izolației.

Gradul de legare la pămînt a unei rețele electrice trifazate într-un anumit punct se caracterizează prin *coeficientul de legare la pămînt al rețelei electrice*, K_p. Acesta reprezintă raportul dintre cea mai mare valoare eficace a tensiunii de frecvență industrială între o fază sănătoasă și pămînt în timpul unei defect la pămînt (la una sau mai multe faze, într-un punct oarecare al rețelei) și valoarea eficace a tensiunii de frecvență industrială între faze în același loc înainte de defect. Coeficientul K_p se exprimă în procente.

Funcție de reactanțele de succesiune homopolară X_h, directă X_d și a rezistenței de succesiune homopolară R_h, echivalente în punctul considerat, există cinci clase de tratare a neutrului rețelelor electrice, delimitate de anumite valori ale rapoartelor $K_x = \frac{X_h}{X_d}$ și $K_R = \frac{R_h}{X_d}$.

În tabelul 3.6.1 sînt prezentate clasele de tratare a neutrului precum și valorile coeficientului K_p, iar în tabelul 3.6.2 este prezentată compararea diferitelor soluții de tratare a neutrului.

În țara noastră neutrul rețelelor electrice este tratat în felul următor:

— rețelele de transport, de înaltă tensiune, 110, 220, 400 kV: neutrul se leagă direct la pămînt;

Tabelul 3.6.1

Clasele de tratare a neutrului rețelelor electrice

Nr. crt.	Tipul rețelei	Relații de limitare		Raportul tensiunilor K_p
		$K_x = X_h/X_d$	$K_R = R_h/X_d$	
1	Rețea cu neutrul rigid legat la pămînt	$0 \leq K_x < 1$	$K_R \leq 1$	0,75
2	Rețea cu neutrul efectiv legat la pămînt	$1 \leq K_x \leq 3$	$K_R \leq 1$	0,8
3	Rețea cu neutrul legat la pămînt prin rezistență	$3 < K_x < \infty$	$K_R > 1$	1
4	Rețea cu neutrul legat la pămînt prin bobină de stingere	$-40 \leq K_x < \infty$	—	1,1
5	Rețea cu neutrul izolat	$0 < K_x < 40$	—	condiții de rezonanță

Compararea soluțiilor de tratare a neutrului rețelelor electrice

Caracteristici	Neutrul izolat	Legat la pămînt prin bobină de stingere	Legat direct la pămînt	Legat la pămînt prin rezistență de limitare
Arcul provocat de punerea la pămînt	Se autostinge		Se elimină prin RAR	
Arc intermitent	Posibil		Nu este posibil	
Punere la pămînt de durată	Rețeaua poate fi exploatată cu punere la pămînt		Linia cu defect se deconectează automat	
Supratensiuni tranzitorii la punerea la pămînt	3,5 U_f	3 U_f	1,8 U_f	(1,8—2,5)U_f
Ridicări de tensiune de durată	3U_f în toată rețeaua		0,8U_f la locul defect	1,1U_f la locul defect
Deconectarea punerilor la pămînt	Oscilații rezonante	Revenire lentă a tensiunii	Fără fenomene deosebite	
Detectarea punerilor la pămînt	Implică sisteme speciale		Se realizează cu sisteme uzuale de protecție	
Influența asupra liniilor de telecomunicații	Importantă	Neînsemnată	Foarte mare	Redusă
Extindere rețea	Foarte limitată	Limitată	Nelimitată	—
Investiții speciale	Nimic	Bobine de stingere	Măsuri de protecție în liniile de telecomunicații	Rezistență de limitare

— rețelele de distribuție de medie tensiune 20(15) kV : neutrul se leagă la pămînt prin bobine de stingere sau rezistență. În rețelele de distribuție de medie tensiune de 6 kV neutrul este de regulă izolat ;

— rețele de distribuție de joasă tensiune 0,4 kV : neutrul se leagă direct la pămînt.

3.6.2. TRATAREA NEUTRULUI ÎN REȚELE DE TRANSPORT

Se consideră rețeaua din fig. 3.6.2 cu neutrul legat direct la pămînt, în care capacitățile între faze C_1 și capacitățile față de pămînt C_0 sînt reprezentate concentrat.

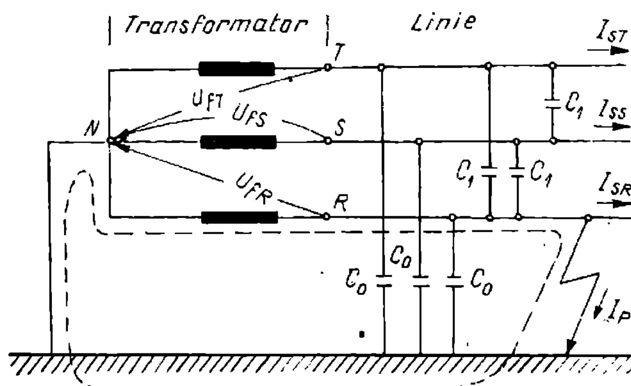


Fig. 3.6.2. Rețea cu neutrul legat direct la pămînt: C_0 — capacități între faze și pămînt; C_1 — capacități între faze; U_{R0}, U_{S0}, U_{T0}—tensiunea între faze și pămînt; I_{SR}, I_{SS}, I_{ST}— curenții de sarcină pe faze.

În regim normal de funcționare linia este parcursă de curenții de sarcină I_{SR}, I_{SS}, I_{ST} și de curenții capacitivi de încărcare a capacităților naturale C_0 și C_1. Dacă la o astfel de rețea se stabilește o legătură la pămînt (exemplu pe faza R), sub acțiunea tensiunii de fază U_{fR} ia naștere un curent de punere la pămînt. La aceste rețele curentul de punere la pămînt se numește curent de scurtcircuit, deoarece are o valoare mare producînd o scădere accentuată a tensiunii, care pe faza defectă, la locul defectului, ajunge la o valoare foarte mică. Acest curent de scurtcircuit este determinat de impedanțele transformatorului Z_T, liniei Z_L, drumului prin pămînt Z_p și de rezistența de trecere la locul defectului R_a (în cazul unui scurtcircuit prin arc electric). Deoarece capacitățile liniei sînt mici, curentul capacitiv are valoare neînsemnată, el putînd fi neglijat; curentul de scurtcircuit monofazat are expresia

$$\underline{I}_{SC}^{(1)} = \frac{\underline{U}_f}{\underline{Z}_T + \underline{Z}_L + \underline{Z}_p + R_a}$$

Potențialul punctului neutru este ținut la potențialul pămîntului, deoarece între neutrul transformatorului și pămînt există o legătură

directă a cărei rezistență este nulă. Acest curent de scurtcircuit este în general un curent reactiv defazat în urma tensiunii care îl determină. În cazul defectului prin arc electric, care are o anumită rezistență, curentul de scurtcircuit are și o componentă activă.

Valoarea curentului de scurtcircuit monofazat, în anumite cazuri, poate fi mai mare decît valoarea curentului de scurtcircuit trifazat, cu care se verifică aparatele de comutație primară. Pentru limitarea curentului de scurtcircuit monofazat la o valoare mai mică decît valoarea curentului de scurtcircuit trifazat, sau cel mult la valoarea acestuia, neutrele transformatoarelor nu se leagă în totalitate la pămînt. Raportul acestor doi curenți este influențat de parametrii rețelei de succesiune homopolară și directă, valorile lor fiind în principal determinate de parametrii transformatorului și de modul de legare a neutrului acestora la pămînt. Pentru ca valoarea curentului de scurtcircuit monofazat să fie mai mică decît valoarea curentului de scurtcircuit trifazat este necesar să fie îndeplinită condiția ca raportul reactanțelor de succesiune homopolară și directă să fie mai mare decît 1, ceea ce se realizează prin legarea nulului unui anumit număr de transformatoare din rețea la pămînt:

$$\frac{X_h}{X_d} > 1$$

Pentru optimizarea alegerii numărului transformatoarelor din rețea al căror neutru se leagă la pămînt, se are în vedere să se limiteze valoarea coeficientului de legare la pămînt K_p la 0,8. Această condiție se realizează dacă raportul reactanțelor este mai mic decît 3:

$$\frac{X_h}{X_d} < 3$$

Suplimentar la aceste condiții se mai impune ca raportul dintre rezistența homopolară și reactanța directă să fie mai mic decît 1:

$$\frac{R_h}{X_d} < 1$$

O dată cu apariția și dezvoltarea rețelelor de 220 și 400 kV, rețele care funcționează cu neutrul legat la pămînt, apare tendința ca legătura la pămînt a neutrului acestor rețele să devină rigidă, iar curentul de scurtcircuit monofazat să devină mai mare decît curentul de scurtcircuit trifazat. Acest lucru este impus de transformatoarele și autotransformatoarele de sistem, ale căror neutre se leagă în mod obligatoriu la pămînt pentru limitarea supratensiunilor ce pot să apară pe neutrul lor. Astfel, dacă autotransformatoarele ar funcționa cu neutrul izolat, în ca-

zul unui scurtcircuit monofazat pe una din fazele înfășurării de înaltă tensiune, neutrul se deplasează cu valoarea tensiunii pe fază a înfășurării de înaltă tensiune, ceea ce ar supratensiona izolația înfășurării coborîtoare.

Pentru reducerea curentului de scurtcircuit monofazat se dezleagă o serie de neutre ale transformatoarelor de la pămînt, în așa fel încît în orice punct din sistem să se respecte condițiile de mai sus.

În rețelele electrice se adoptă următoarele reguli de legare a neutrelor :

— la toate autotransformatoarele de 400/220 kV, 220/110 kV și transformatoarele de 400/110 kV neutrele se leagă direct la pămînt ;

— în stațiile de transformare de 110/M.T. unde sînt două sau mai multe transformatoare, cel puțin neutrul unui transformator se leagă la pămînt ;

— toate neutrele transformatoarelor de 110/M.T. care nu sînt legate direct la pămînt se protejează contra supratensiunilor prin montarea între neutru și pămînt a unor descărcătoare cu rezistență variabilă cu suflaj magnetic.

Pentru asigurarea unei legături efective la pămînt în orice punct al rețelei electrice și pentru evitarea ca prin deconectarea unei linii să se formeze zone în care neutrul să nu fie legat efectiv la pămînt și deci K_p să devină mai mare decît 0,8, transformatoarele ale căror neutre se leagă efectiv la pămînt se repartizează în toată rețeaua.

Avantajele rețelelor cu neutrul legat direct la pămînt :

— reducerea solicitării izolației în cazul regimurilor nesimetrice, fapt care permite utilizarea transformatoarelor cu izolație degresivă ;

— eliminarea rapidă a scurtcircuitelor, cu toate urmările negative ale acestora ;

— eliminarea rapidă a arcului electric ;

— absența supratensiunilor periculoase produse de circuitele oscilante ferorezonante ;

— funcționarea sigură a protecției prin relee.

Dezavantajele legării neutrului direct la pămînt :

— întreruperea alimentării consumatorilor în cazul scurtcircuitelor prin deconectarea acestora de către protecția prin relee ;

— posibilitatea apariției de supratensiuni induse în liniile de telecomunicații din cauza curenților mari de scurtcircuit ;

— deteriorări ale izolației și conductoarelor la locul de defect prin efectul termic al curenților de scurtcircuit ;

— tensiuni ridicate de atingere și de pas în zona de defect.

3.6.3. TRATAREA NEUTRULUI ÎN REȚELELE DE DISTRIBUȚIE

Se consideră rețeaua cu neutrul izolat din fig. 3.6.3. Datorită sistemului de capacități presupus simetric, potențialul neutrului transformatorului N este identic cu potențialul pămîntului (în realitate sistemul de capacități al conductoarelor fazelor este nesimetric din cauza amplasării nesimetrice a conductoarelor rețelei față de pămînt, iar potențialul neutrului transformatorului este diferit de cel al pămîntului, acesta avînd valori de la cîțiva zeci de volți la cîteva sute de volți). Dacă la una din faze se stabilește o legătură cu pămîntul, valorile curenților și tensiunilor se modifică. Astfel, punerea la pămînt a unei faze produce o modificare a tensiunilor fazelor și a punctului neutru N.

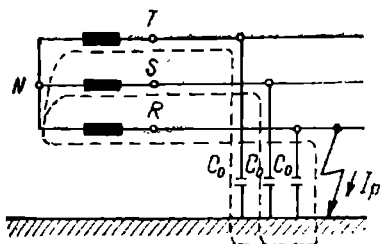


Fig. 3.6.3. Rețea cu neutrul izolat.

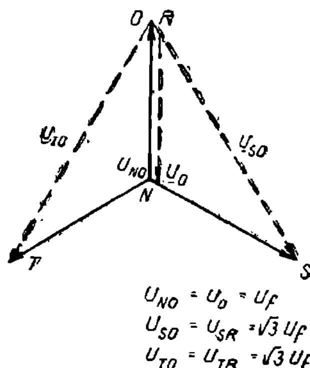


Fig. 3.6.4. Diagrama vectorială a tensiunilor în cazul unei rețele cu neutrul izolat, în timpul punerii nete la pămînt.

În cazul unei puneri la pămînt nete, tensiunea față de pămînt a fazei defecte devine zero, iar tensiunea față de pămînt a fazelor sănătoase devine egală cu tensiunea între faze. Punctul neutru care din considerente de simetrie avea potențialul pămîntului este supus unui potențial egal cu cel al fazelor dinainte de defect. În fig. 3.6.4 este reprezentată diagrama vectorială a tensiunilor în cazul unei puneri la pămînt nete pe faza R. Prin capacitățile față de pămînt ale fazelor să-

nătoase vor circula curenţi determinaţi de tensiunile faţă de pămînt ale acestor faze :

$$\underline{I}_R = \frac{\underline{U}_{R0}}{\underline{Z}_C} = 0, \quad \underline{I}_S = \frac{\underline{U}_{S0}}{\underline{Z}_C}, \quad \underline{I}_T = \frac{\underline{U}_{T0}}{\underline{Z}_C}$$

Suma vectorială a acestor curenţi reprezintă curentul capacitiv I_0 egal cu curentul de punere la pămînt I_p care circulă prin pămînt şi locul de defect .

$$\underline{I}_0 = \underline{I}_S + \underline{I}_T = \frac{\underline{U}_{S0} + \underline{U}_{T0}}{\underline{Z}_C} = \frac{3\underline{U}_0}{\underline{Z}_C}$$

în modul : $I_0 = \frac{3U_0}{Z_C}$, U_0 fiind tensiunea de deplasare a neutrului.

În cazul reţelelor aeriene în special, de regulă punerea la pămînt nu este netă, ci are loc printr-un arc electric de rezistenţă R_a. La punerea la pămînt a unei faze potenţialul ei diferă de cel al pămîntului prin căderea de tensiune pe arc, în consecinţă potenţialul acestei faze este diferit de zero. În fig. 3.6.5 este reprezentată diagrama vectorială a tensiunilor în cazul punerii la pămînt prin arc electric a fazei R.

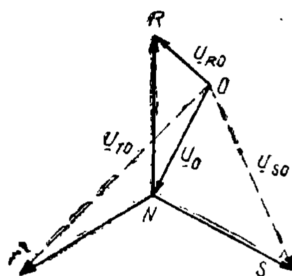


Fig. 3.6.5. Diagrama vectorială a tensiunilor în cazul unei reţele cu neutrul izolat, în timpul punerii prin arc electric la pămînt.

Valoarea curentului de punere la pămînt I_p în reţelele cu neutrul izolat poate atinge valori apreciabile, mai ales la reţelele în cablu la care capacităţile C_0 au valori mari. Valorile curentului de punere la pămînt pot atinge sute de amperi.

Punerea la pămînt are o serie de efecte negative, şi anume :

— la valori ale lui I_p de peste 10 A la LEA şi 30 A la LES, el produce o ionizare puternică a zonei arcului electric, fapt ce duce la nestingerea acestuia la prima trecere a curentului prin zero, arcul electric fiind întreţinut de tensiunea care, fiind decalată cu 90° în acel moment, are valoarea maximă. Astfel, după trecerea prin zero, el se reaprinde, putîndu-se menţine permanent. Aceste reaprinderi repetîndu-se, produc supratensiuni prelungite, care putînd ajunge la amplitudini de $3,5U_f$ distrug izolaţia ;

— creşterea cu $\sqrt{3}$ a tensiunilor fazelor sănătoase duce la suprasolicitarea izolaţiei acestor faze, creînd condiţii apariţiei celei de a doua puneri la pămînt (scurtcircuit bifazat). În acest caz linia sau liniile respective trebuie deconectate;

— la locul de defect, I_p determină tensiuni periculoase pentru persoanele sau animalele din apropiere;

— deteriorarea izolaţiei la locul punerii la pămînt (izolator, cablu) prin efectul termic al arcului electric;

— suprasarcină suplimentară pentru reţelele electrice;

— funcţionare neselectivă a protecţiei în anumite cazuri de duble puneri la pămînt;

— influenţe importante pentru liniile de telecomunicaţii;

— producerea şi circulaţia în reţea a armonicilor.

Din cauza acestor dezavantaje, în reţelele electrice curenţii de punere la pămînt se compensează prin utilizarea unei bobine de stingere conectate pe neutrul transformatorului. În fig. 3.6.6 este reprezentată o reţea compensată prin bobină de stingere. În cazul unei puneri la pămînt pe o fază, tensiunea de deplasare a neutrului U_0 care apare la bornele bobinei de stingere produce un curent inductiv I_L defazat cu 90° în urma tensiunii respective, iar suma curenţilor I_0 spre pămînt care parcurg capacităţile C_0 ale fazelor nepuse la pămînt este defazată cu 90° înaintea tensiunii. Prin locul de defect suma celor doi curenţi defazaţi între ei cu 180°, în cazul cînd sînt egali în amplitudine, este nulă $\underline{I}_p = \underline{I}_0 + \underline{I}_L$.

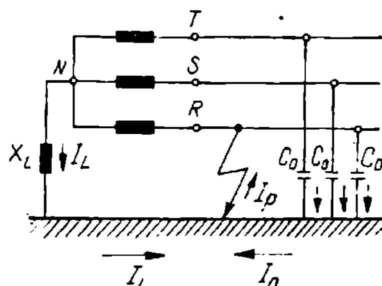


Fig. 3.6.6. Reţea cu neutrul compensat prin bobină de stingere: X_L — reactanţa inductivă a bobinei de stingere.

În cazul unei compensări totale a curentului capacitiv trebuie satisfăcută condiţia de rezonanţă $X_L = X_C$ sau $\omega L = \frac{1}{\omega C_0}$, în care L este inductivitatea bobinei de stingere.

În realitate fazele reţelelor prezintă faţă de pămînt în afară de capacităţi şi rezistenţe de valoare finită, iar rezistenţa bobinei de stingere are o valoare diferită de zero. În acest caz bobina de stingere va compensa numai curentul capacitiv al reţelei, dar curentul activ dat de rezistenţele fazelor faţă de pămînt se va însuma cu curentul activ dat de rezistenţa activă a bobinei de stingere.

În cazul îndeplinirii condiţiei de rezonanţă, de anulare a curentului rezultant I_p, se obţine un circuit rezonant. Din cauza inegalităţii para-

metrilor rețelei (nesimetriei capacităților fazelor, murdăririi izolatoarelor, a transformatoarelor de tensiune montate nesimetric, a altor capacități parazite) în regim normal de funcționare, există o ușoară tensiune de deplasare a neutrului rețelei, care aplicată acestui circuit rezonant, determină curenți mari, iar tensiunea pe fiecare element crește foarte mult periclitînd izolația. Aceste fenomene se amplifică în cazul apariției punerii la pămînt. Din acest motiv în practică valoarea reactanței inductive X_L a bobinei de stingere se alege diferită de reactanța capacitivă a rețelei X_C, astfel încît curentul inductiv dat de bobina de stingere să fie mai mare sau mai mic decît curentul capacitiv dat de rețea. În acest caz se spune că rețeaua este supracompensată sau subcompensată. În practică se funcționează cu rețea supracompensată, cu o supracompensare de pînă la 10%, din următoarele considerente:

— curentul inductiv dat de bobina de stingere se reglează funcție de curentul capacitiv de punere la pămînt al liniilor în funcțiune, alimentate din secundarul aceluiași transformator. În exploatare se poate întîmpla, din anumite cauze, să se deconecteze una sau mai multe linii sau racorduri de linii. Astfel capacitățile fazelor rețelei respective scad, scăzînd și curentul capacitiv I_0. Dacă rețeaua ar fi subcompensată, se poate obține rezonanță ($I_0 = I_L$);

— în anumite condiții bobina de stingere se poate satura, ceea ce determină creșterea curentului prin bobină. În cazul cînd rețeaua ar fi fost subcompensată ($I_L < I_0$) prin creșterea curentului I_L se poate ajunge la rezonanță.

Avantajele tratării neutrului prin bobina de stingere:

— stingerea rapidă a arcului electric de punere la pămînt și prevenirea deteriorării izolației și a conductoarelor prin efectul termic;

— reducerea curentului la locul de punere la pămînt la cîteva procente din valoarea curentului capacitiv al rețelei;

— tensiuni mai reduse de atingere și de pas la locul defectului;

— continuitatea în alimentarea consumatorilor atît la defecte monofazate pasagere, cît și la defecte persistente;

— influențe neînsemnate asupra liniilor de telecomunicații.

Dezavantajele funcționării cu neutrul legat la pămînt prin bobina de stingere:

— supracurenți și supratensiuni de ferorezonanță de $3U_f$;

— tensiuni mari pe fazele sănătoase în cazul punerii la pămînt

— transformarea unui defect monofazat în defect polifazat a peste 50% din cazuri în timp de cîteva minute;

— costul crescut al izolației corespunzător tensiunilor mari care apar în rețele;

— în cazul rețelelor în cabluri cu izolație din polietilenă sau PVC, existența unor curenți mari reziduali din cauza pierderilor active mari în aceste izolații;

— greutăți în asigurarea unui acord permanent bobinei de stingere;

— greutăți în identificarea locului defectului.

Dezvoltarea rapidă a rețelelor de distribuție de medie tensiune și utilizarea intensă a cablurilor cu izolație din polietilenă și PVC, al căror curent capacitiv a crescut simțitor față de curentul capacitiv al cablurilor cu izolație în hîrtie uleiată, a dus la creșterea însemnată a curentului de punere la pămînt. În aceste condiții, compensarea unor curenți capacitivi mai mari de 100 A implică construirea unor bobine de stingere care nu ar fi economice. În aceste condiții s-a trecut la tratarea neutrului prin rezistență de limitare.

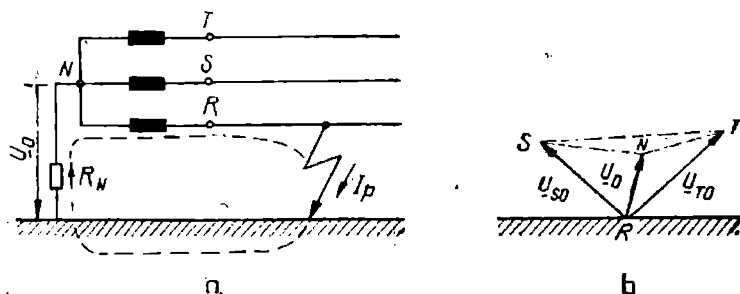


Fig. 3.6.7. Rețea cu neutrul compensat prin rezistență de limitare:

R_N — rezistența ohmică a rezistenței de tratare a neutrului; *a* — schema electrică de principiu a rețelei; *b* — diagrama vectorială a tensiunilor în cazul unui defect.

În fig. 3.6.7 este reprezentată o rețea al cărui neutru este tratat prin rezistență de limitare. În acest caz orice punere la pămînt este transformată în scurtcircuit monofazat, care este eliminat prin acționarea protecției homopolare a liniei respective. Tensiunea de deplasare a neutrului U_0 este funcție de rezistența de limitare R_N, tensiunile fazelor

rămînînd aceleași. Curenții capacitivi fiind mici față de curentul activ determinat de R_N, influența lor se neglijează.

Deoarece R_N este mult mai mare decît impedanța rețelei pînă la locul de defect, curentul de scurtcircuit monofazat este determinat, în special, de valoarea R_N. Valori mici ale R_N apropie rețeaua de cea cu neutrul legat direct de pămînt, ceea ce duce la cheltuieli sporite pentru scăderea rezistenței prizelor de pămînt și la lucrări suplimentare pentru a evita influențe periculoase asupra instalațiilor de telecomunicații. Creșterea valorii R_N se reflectă negativ asupra supratensiunilor interne, înrăutățind condițiile de funcționare a protecției la scurtcircuite monofazate.

Alegerea optimă a valorii R_N se face corelat cu valoarea curenților de scurtcircuit monofazați care trebuie limitați. Din aceste considerente a rezultat valoarea de 300 A pentru rețelele aeriene și mixte, și de 1 000 A pentru rețelele subterane. În tabelul 3.6.3 sînt prezentate valorile rezistenței de limitare R_N.

Tabelul 3.6.3

Valorile rezistenței de tratare a neutrului [Ω]

Tensiunea nominală [kV] / Curentul de scurtcircuit monofazat limitat	6	10	15	20
Rețele în cablu $I_p = 1\,000$ A	3,4	5,8	8,7	11,6
Rețele aeriene $I_p = 300$ A	11,6	11,3	28,8	38,5

Avantajele tratării neutrului prin rezistență:

— nivelul supratensiunilor provocate de punerile la pămînt este de $2{,}5U_f$ mai mic decît în cazul tratării neutrului prin bobină de stingere;

— sînt evitate dublele puneri la pămînt, deci defectele multiple;

— asigură izolarea rapidă și eficace a echipamentului defect, prin acționarea protecțiilor;

— permite utilizarea cablurilor cu izolație din polietilenă și PVC;

— aplicabilitate universală pentru rețelele electrice aeriene și în cablu;

— prezintă independență față de lungimea totală a rețelei electrice nefiind necesar acordul funcție de configurația rețelei ;

— exploatare mai ușoară, fiabilitate ridicată.

Dezavantajele funcționării cu neutrul legat prin rezistență de limitare au implicații și se reflectă asupra concepției de realizare și exploatare a rețelelor electrice. Cel mai important dintre ele îl constituie modul de realizare a instalațiilor de legare la pămînt de protecție împotriva accidentelor prin atingere indirectă în posturile de transformare la liniile electrice aeriene și în cablu, precum și influența asupra instalațiilor de telecomunicații.

3.6.4. TRANSFORMATOARE PENTRU CREAREA NEUTRULUI ARTIFICIAL

Transformatoarele pentru crearea neutrului (nulului) artificial se folosesc în rețele electrice de medie tensiune tratate cu bobină de stingere sau prin rezistență de limitare, în scopul creării punctului neutru (de nul) artificial necesar racordării bobinei de stingere sau rezistenței de limitare.

3.6.4.1. TRANSFORMATOARE PENTRU RACORDAREA BOBINEI DE STINGERE

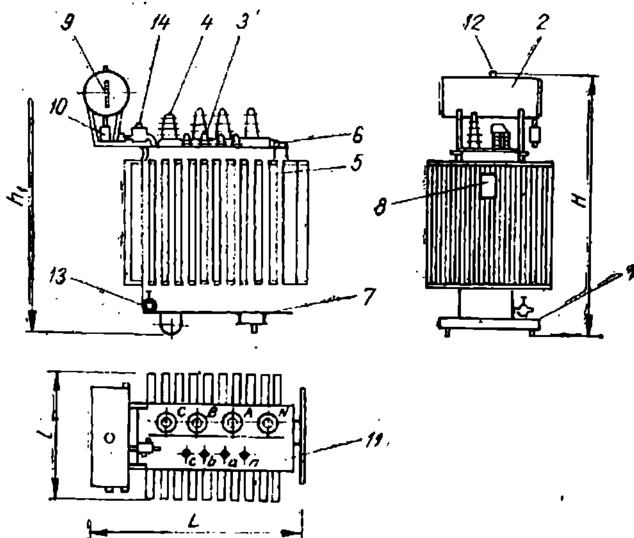
Transformatoarele pentru crearea neutrului trebuie să îndeplinească două condiții esențiale :

— reactanța homopolară a transformatorului să fie cît mai mică, ca să nu reducă curentul inductiv furnizat de bobina de stingere și să limiteze curenții homopolari de defect ;

— curenții de defect de punere la pămînt să nu ducă la încălzirea înfășurărilor transformatorului peste limitele normale.

În stare de funcționare, o bobină de stingere reprezintă o sarcină inductivă monofazată pentru transformatorul la neutrul căruia se racordează.

În practică, deoarece transformatorul pentru crearea neutrului artificial serveşte şi pentru alimentarea serviciilor proprii (interne), fiind transformatoare de M.T./J.T., se utilizează conexiunea zigzag-stea, a cărei impedanţă homopolară reprezintă circa 10% din impedanţa de succesiune directă.



DIMENSIUNI DE GABARIT SI MASE

Tipul constructiv	Dimensiuni [mm]				Masa [Kg]		
	L	l	H	h_1 Decuvare	Ulei	Decuv.	Total
630/20	2060	1200	2400	3400	730	1700	3080
1200/20	2200	1500	2650	4350	1200	2280	4670

Fig. 3.6.8. Transformator pentru crearea neutrului artificial: 1 — cărucior; 2 — conservator; 3 — izolator J.T.; 4 — izolator M.T.; 5 — urechi de ridicare a transformatorului; 6 — urechi de ridicare a părţii decuvabile; 7 — bornă de punere la pămînt; 8 — plăcuţă indicatoare; 9 — indicator de nivel al uleiului; 10 — filtru de aer; 11 — locaş pentru termometru; 12 — buşon de umplere (conservator); 13 — robinet de golire; 14 — releu de gaze.

În fig. 3.6.8 este reprezentat transformatorul pentru crearea neutrului artificial folosit şi pentru alimentarea serviciilor proprii, 20/0,4 kV cu înfăşurări din aluminiu, iar în tabelul 3.6.4, caracteristicile tehnice

Caracteristicile transformatoarelor pentru crearea neutrului artificial

Nr. crt.	Caracteristici principale		Tipul transformatorului	
			1 200/200 kVA 21/0,38 kV	630/100 kVA 21/0,38 kV
1	Puterea nominală primară [kVA]		1 200	630
2	Puterea nominală secundară [kVA]		200	100
3	Tensiunea nominală primară [kV]		21	21
4	Tensiunea nominală secundară [kV]		0,38	0,38
5	Curentul nominal primar [A]		33	17,7
6	Curentul nominal secundar [A]		304	152
7	Conexiunea		$Z_N Y_N$-5	$Z_N Y_N$-5
8	Tensiunea de scurtcircuit [%]		23	12,75
9	Curentul de scurtcircuit [kA]		8	7,5
10	Frecvența nominală [Hz]		50	50
11	Dimensiuni de gabarit [mm]	Lungime	2 200	2 060
		Lățime	1 500	1 200
		Înălțime	2 650	2 400
12	Masa netă [kg]		4 600	2 500

3.6.4.2. TRANSFORMATOARE PENTRU RACORDAREA REZISTENȚEI DE LIMITARE

Pentru racordarea rezistenței de limitare a curentului monofazat de defect se utilizează aceleași transformatoare pentru crearea neutrului artificial folosite pentru racordarea bobinei de stingere.

Se mai pot folosi bobine trifazate pentru crearea neutrului artificial. Construcția bobinei trifazate este asemănătoare cu a unui transformator de M.T./J.T. la care există numai înfășurarea de M.T. a cărei conexiune este realizată în zigzag. Înfășurările sînt confecționate din cupru. În fig. 3.6.9 este reprezentată bobina trifazată pentru crearea neutrului artificial, iar în tabelul 3.6.5 sînt indicate caracteristicile ei tehnice.

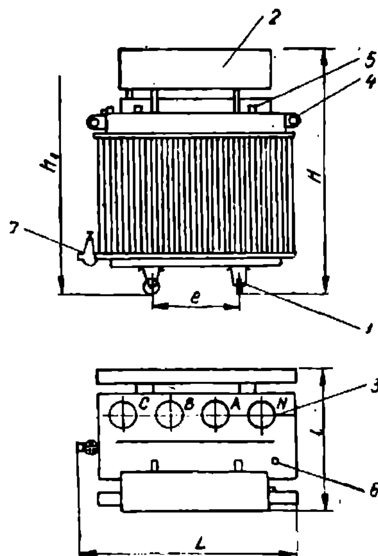


Fig. 3.6.9. Bobină trifazată pentru crearea neutrului artificial :

1 — cărucior ; 2 — conservator ; 3 — izolatoare M.T. ; 4 — urechi de ridicare a transformatorului ; 5 — urechi de ridicare a părții decuvabile ; 6 — locaș pentru termometru ; 7 — robinet de golire.

Tipul constructiv	Dimensiuni [mm]					Masa [Kg]		
	L	l	H	h_1 Decuvare	e	Ulei	Decuv.	Total
21/300	1500	1000	2000	2980	670	500	1000	1800
21/1000	1650	1100	2100	3300	670	650	1300	2450

Tabelul 3.6.

Caracteristicile bobinelor trifazate pentru crearea neutrului artificial

Nr. crt.	Caracteristici principale		Tipul bobinei 10 kV 1 000 A	21 kV 300 A	21 kV 1 000 A
1	Tensiunea nominală [kV]		10	21	21
2	Curentul maxim prin nul [A]		1 000	300	1 000
3	Conexiunea		Z_N	Z_N	Z_N
4	Masa netă [kg]		1 600	1 800	2 450
5	Dimensiuni de gabarit [mm]	Lungime	1 500	1 500	1 650
		Lățime	1 000	1 000	1 100
		Înălțime	2 000	2 000	2 100

3.6.5. BOBINE DE STINGERE

La funcționarea normală a rețelei fără punere la pămînt, bobina de stingere este supusă unei tensiuni reduse determinate de nesimetriile fazelor. În cazul unei puneri la pămînt nete, bobina de stingere este supusă unei tensiuni de fază, care fiind tensiunea maximă ce poate să apară la bornele ei, se consideră și tensiunea nominală a bobinei de stingere. Curentul care străbate bobina de stingere este curentul de punere la pămînt. În fig. 3.6.10 este reprezentată schema electrică de

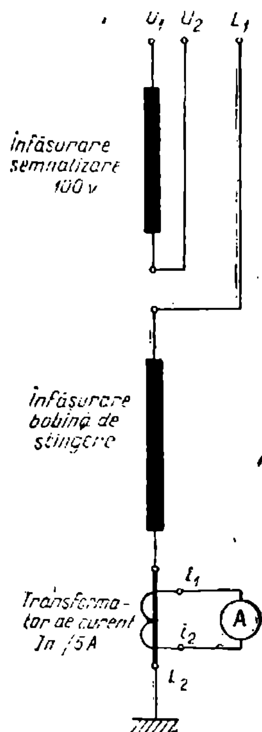


Fig. 3.6.1.0. Schema electrică de principiu a bobinei de stingere.

Tabelul 3.6.6

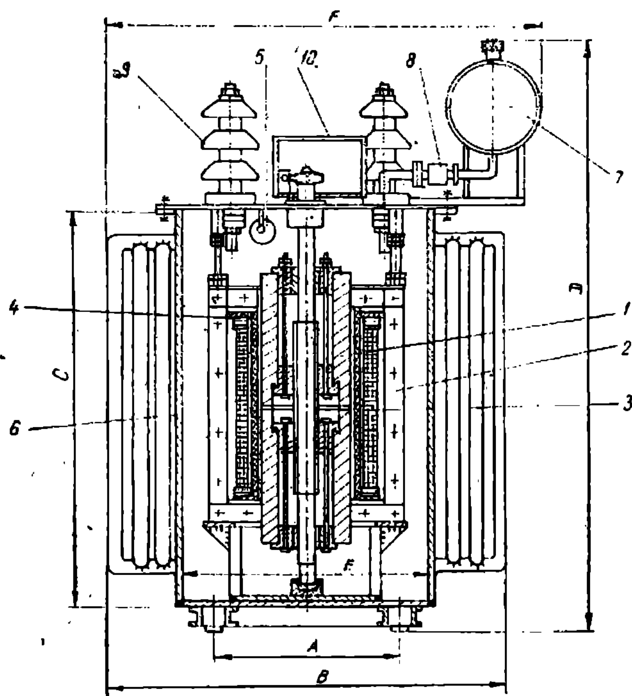
Caracteristicile bobinelor de stingere pentru tratarea neutrului

Nr. crt.	Caracteristici principale	Tipul bobinei de stingere	
		20 kV/50 A	20 kV/100 A
1	Tensiunea rețelei [kV]	20	20
2	Tensiunea nominală a bobinei de stingere [kV]	20/3	20/3
3	Puterea nominală [kVA]	580	1 160
4	Curentul minim [A]	10	10
5	Curentul maxim de funcționare continuă [A]	50	87
6	Curentul maxim de funcționare limitată [A]	—	100 A/7 h
7	Raportul de reglare I_{max}/I_{min}	5	10
8	Raportul transformatorului de curent	50/5	100/5
9	Masa netă [kg]	2 950	5 500

principiu, în fig. 3.6.11 este reprezentată bobina de stingere cu reglaj continuu tip BSRC $20/\sqrt{3}$ kV, 50 (100) A, iar în tabelul 3.6.6 — caracteristicile tehnice.

Grupul de litere are următoarea semnificație:

B — bobină; S — de stingere; R — cu reglaj; C — continuu.



Tipul BSRC	Dimensiuni [mm]					
	A	B	C	D	E	F
20kV-50A	780	1470	1700	2420	1004	1685
20kV-100A	1050	1865	1700	2425	1290	1941

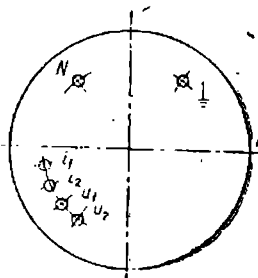


Fig. 3.6.11. Bobina de stingere pentru tratarea neutrului:

1 — circuit magnetic — miezuri mobile; **2** — circuit magnetic — juguri laterale; **3** — înfășurarea principală; **4** — înfășurarea auxiliară de semnalizare; **5** — transformator de curent; **6** — cuva; **7** — conservator ulei; **8** — releu gaze; **9** — izolatoare M.T.; **10** — dispozitiv cu electromotor pentru deplasarea miezului.

Constructiv, bobina de stingere este asemănătoare unui transformator monofazat, avînd părțile componente indicate în fig. 3.6.10. Răcirea este realizată cu ulei de transformator prin circulație naturală.

În scopul linearizării caracteristicii tensiune-curent, astfel încît curentul inductiv dat de bobina de stingere să se modifice linear cu tensiunea, ca și curentul capacitiv al rețelei, miezul magnetic este prevăzut cu întrefier reglabil, acționat de sistemul de deplasare a miezului magnetic *10*. Comanda acționării se face de la cutia de comandă montată pe bobina de stingere sau de la distanță. În fig. 3.6.12, este reprezentată schema de comandă.

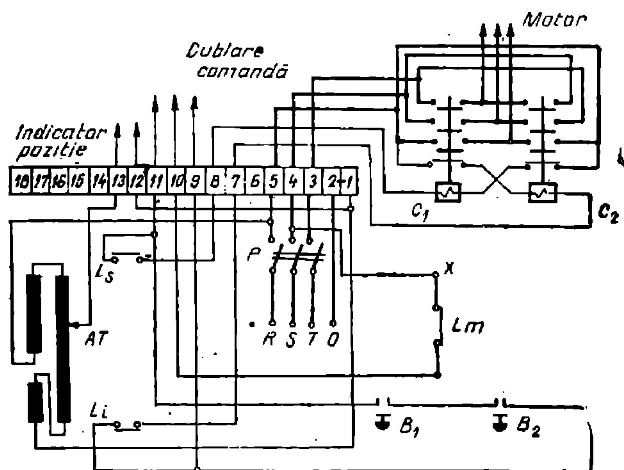


Fig. 3.6.12. Schema electrică de comandă și acționare a bobinei de stingere cu reglaj continuu :

B_1, B_2 — buton de comandă ; C_1, C_2 — contactor ; L_s, L_i — limitator cursă ; L_m — blocaj manivelă ; *AT* — autotransformator reglabil ; *P* — întrerupător.

Acordarea bobinei de stingere funcție de curentul capacitiv al rețelei se poate executa și automat cu ajutorul unui regulator automat. În fig. 3.6.13 este prezentată schema bloc a unui regulator automat pentru bobine de stingere.

Pentru compensarea curentului de punere la pămînt, sînt prevăzute următoarele sisteme de racordare a bobinei de stingere :

— pe neutrul transformatoarelor de 110/M.T. kV ;

— pe neutrul transformatoarelor de M.T./J.T. kV pentru crearea neutrului artificial.

În fig. 3.6.14 este reprezentată schema de principiu de conectare și semnalizare pentru o bobină de stingere.

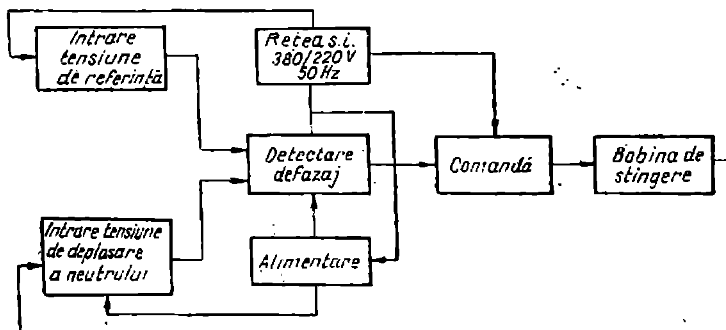


Fig. 3.6.13. Schema bloc a unui regulator automat pentru bobine de stingere.

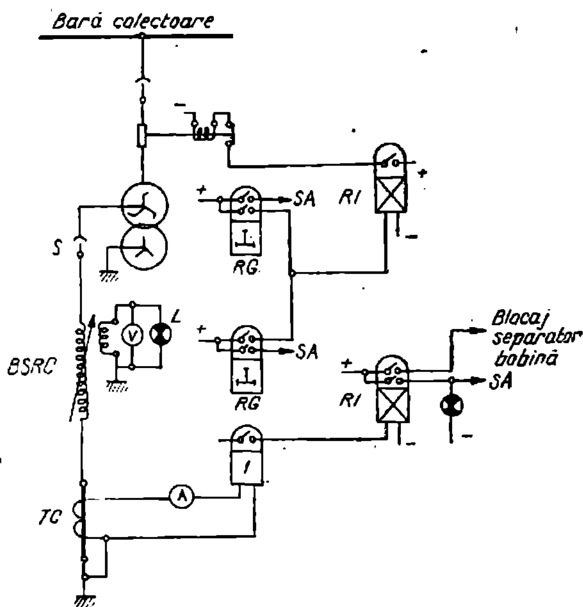


Fig. 3.6.14. Schema de principiu de conectare și semnalizare a bobinei de stingere:

S — separator bobină de stingere ; *TC* — transformator curent ; *RG* — releu de gaze ; *RI* — releu intermediar ; *I* — releu maximal de curent ; *SA* — semnalizare acustică.

3.6.6. REZISTENŢE

Introducerea unei rezistenţe active pe neutrul reţelei electrice are rolul de a limita valoarea curentului de scurtcircuit monofazat la o fracţiune din valoarea curentului de scurtcircuit trifazat. Gradul de limitare de către rezistenţă al curentului de scurtcircuit monofazat depinde de stabilitatea termică a acesteia (asigurarea disipării pierderilor de energie în rezistenţă pe durata scurtcircuitului).

Rezistenţa de limitare se notează printr-un grup de litere şi cifre care au următoarea semnificaţie:

R — rezistenţă;

T — de tratare;

N — neutrul.

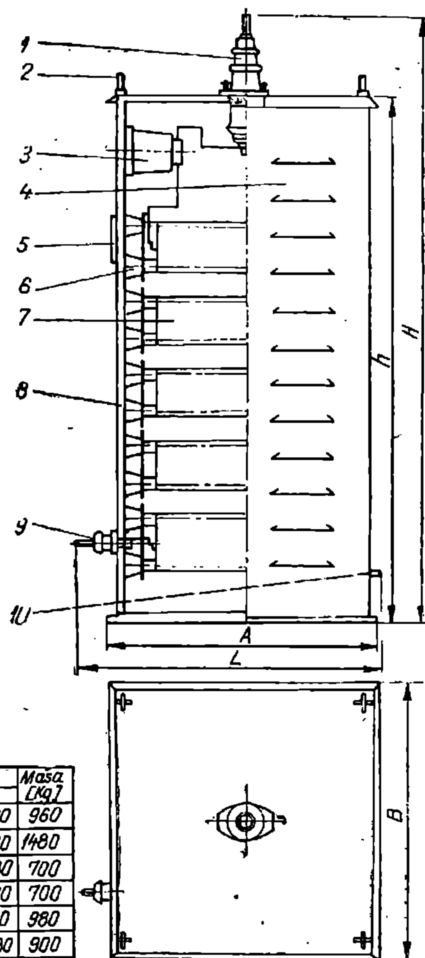
Cr-Ni sau Tb-Si: materialul din care este confecţionat pachetul de elemente din crom-nichel sau tablă silicioasă, urmate de un grup de două numere, primul reprezentînd tensiunea nominală a reţelei în care se racordează rezistenţa, iar al doilea număr — curentul limitat de rezistenţă.

În tabelul 3.6.7 sînt prezentate caracteristicile principale ale rezistenţei de limitare, iar în fig. 3.6.15 este prezentată rezistenţa de limitare cu elemente din crom-nichel.

Tabelul 3.6.7

Caracteristicile rezistenţelor pentru tratarea neutrului

Nr. crt.	Caracteristici principale	Rezistenţă cu elemente din Tb—Si			Rezistenţă cu elemente din Cr—Ni		
1	Tensiunea nominală a reţelei [kV]	10	20	20	10	20	20
2	Tensiunea nominală a rezistenţei [kV]	$10/\sqrt{3}$	$20/\sqrt{3}$	$20/\sqrt{3}$	$10/\sqrt{3}$	$20/\sqrt{3}$	$20/\sqrt{3}$
3	Curentul nominal prin rezistenţă [A]	1 000	300	1 000	1 000	300	1 000
4	Frecvenţa nominală [Hz]	50	50	50	50	50	50
5	Rezistenţa ohmică ± 10% [Ω]	5,7	38,5	10	5,7	38,5	10



Tipul constructiv	Dimensiuni [mm]					Masa [Kg]
	A	B	L	H	h	
20/300 Si	1280	1128	1460	2770	2430	960
20/1000 Si	1290	1534	1432	2770	2430	1480
10/1000 Si	1280	1128	1460	2770	2430	700
20/300 Ni	1272	1128	1370	2770	2430	700
20/1000 Cr.Ni	1270	1514	1370	2770	2430	980
10/1000 Cr.Ni	1279	1128	1370	2770	2430	900

Fig. 3.6.15. Rezistență pentru tratarea neutrului :
1 — izolator M.T. ; 2 — inel tip piuliță ; 3 — transformator de curent ; 4 — pereți ; 5 — tăbliță cu caracteristici ; 6 — izolator suport ; 7 — pachet de elemente ; 8 — schelă suport ; 9 — izolator J.T. ; 10 — bornă de punere la pămînt.

Conectarea rezistenței la rețea se poate executa în următoarele variante, fig. 3.6.16 :

— pe neutrul transformatorului de putere, atunci cînd înfășurarea de medie tensiune are conexiunea stea și neutrul accesibil ;

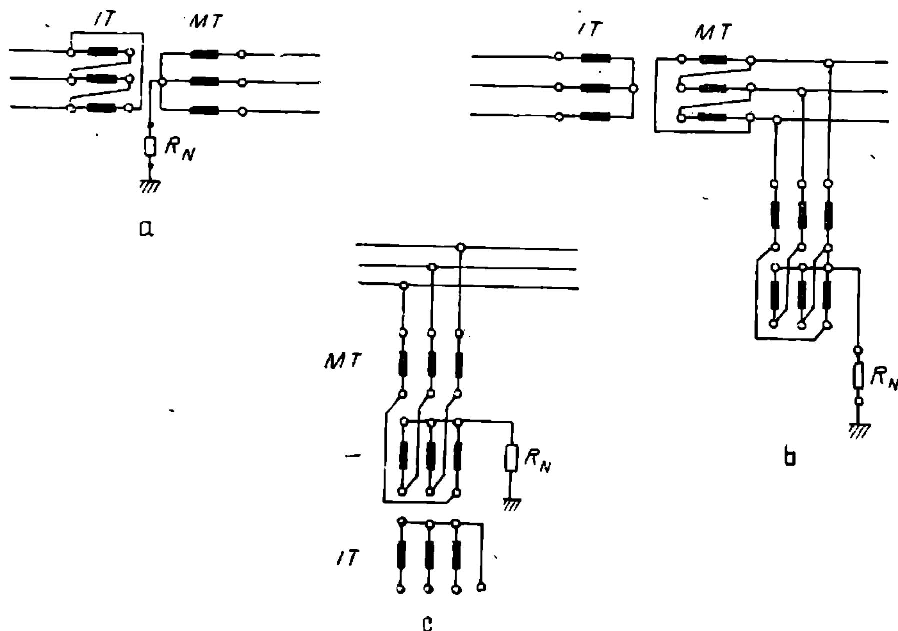


Fig. 3.6.16. Variante de conectare a rezistenței pentru tratarea neutrului la rețea :

a — pe neutrul transformatorului de putere ; b — pe neutrul bobinei trifazate ; c — pe neutrul transformatorului pentru servicii proprii.

— pe neutrul bobinei trifazate, montată direct la bornele transformatorului de putere ;

— pe neutrul transformatorului de servicii proprii.

3.6.7. EXPLOATARE. PRINCIPALELE DEFECȚIUNI ȘI REMEDIEREA LOR

3.6.7.1. EXPLOATAREA

Transformatoare și bobine trifazate pentru crearea neutrului artificial. Exploatarea lor se face în conformitate cu cele indicate la § 3.1.2.

Bobine de stingere. Bobinele de stingere sînt supuse regimului de exploatare corespunzător celui aplicat instalației din care fac parte acestea.

La *preluarea în exploatare* a bobinelor de stingere de către personalul de exploatare se vor executa verificările indicate la § 3.1.2.2 și în plus următoarele :

— funcționarea dispozitivului de reglaj al bobinei de stingere prin efectuarea de reglaje pe întreg domeniul de reglaj. Dacă bobina de stingere este prevăzută cu acționarea reglajului de la distanță, se va verifica funcționarea instalației ;

— existența semnalizării punerilor la pămînt la locul de manevră al separatorului bobinei de stingere ;

— verificarea funcționării regulatorului automat ;

— transmiterea la punctul de comandă a curentului inductiv reglat.

Exploatarea bobinei de stingere constă în verificarea și efectuarea următoarelor operații de către personalul de exploatare :

— verificarea aspectului exterior în ceea ce privește integritatea și etanșeitatea cuvei, a lipsei pierderilor de ulei ;

— urmărirea nivelului uleiului din conservator ;

— verificarea aspectului exterior al izolatoarelor ;

— starea legăturii la pămînt a bobinei de stingere și a cuvei metalice ;

— starea anexelor bobinei de stingere ;

— starea echipamentelor aferente bobinei de stingere (separatorul propriu, descărcătorul cu rezistență variabilă de la bornele bobinei de stingere, legăturile și contactele căii de curent) ;

— executarea reglajului bobinei de stingere funcție de configurația rețelei ;

— în timpul existenței punerii la pămînt în rețea, se va observa dacă bobina de stingere nu prezintă zgomote interne ;

— urmărirea duratei de funcționare cu punere la pămînt să fie limitată la maximum 2 h, conform STAS 832.

Rezistențele de limitare. Rezistențele de limitare sînt supuse regimului de exploatare corespunzător celui aplicat instalației din care fac parte acestea.

La *preluarea în exploatare* a rezistenței de limitare personalul de exploatare va executa următoarele verificări :

— respectarea de către unitatea de construcții-montaj a tuturor prevederilor proiectului de execuție și a instrucțiunilor de montaj, precum și asigurarea condițiilor de înlocuire a rezistenței fără scoaterea din funcțiune a restului instalațiilor ;

— existența condițiilor de acces nepericuloase pentru executarea controlului vizual ;

— starea părților metalice, a vopselei anticorosive de pe suprafața lor, integritatea izolatoarelor și dacă cabina este prevăzută cu orificii de ventilație ;

— existența, conform proiectului, a legăturilor de lucru la pămînt a rezistenței, precum și a carcasei metalice ;
— existența tuturor îngrădirilor specificate în proiect ;
— încadrarea rezistenței de limitare în zona de acțiune a mijloacelor de protecție contra supratensiunilor atmosferice ;
— existența instrucțiunilor fabricii constructoare ;
— starea echipamentelor aferente rezistenței de limitare (separator propriu, celula de medie tensiune) ;
— existența buletinelor de încercări și probe în conformitate cu normativul în vigoare. Se admit abateri ale valorii rezistenței ohmice a rezistenței de limitare de $\pm10\%$ la temperatura de 20°C ;
— executarea corectă a îmbinărilor elementelor componente rezistenței pentru a se evita atingeri între ele, precum și dacă prinderea conductorului activ al rezistenței în clemele de legătură electrică este asigurată cu piuliță și contrapiuliță ;
— continuitatea rezistenței ohmice între borne de intrare și ieșire.

Exploatarea rezistenței pentru tratarea neutrului constă în verificarea și executarea următoarelor operații de către personalul de exploatare :
— verificarea aspectului exterior al cabinei metalice a rezistenței, a izolatoarelor ;
— starea legăturii de lucru la pămînt și de protecție a părților metalice ;
— starea îngrădirilor de protecție ;
— starea marcajelor și inscripționărilor ;
— inexistența depunerilor de praf, impurități, agenți poluanți ;
— inexistența pătrunderii de zăpadă în cabina metalică ;
— ținerea evidenței funcționării la scurtcircuit a rezistenței, a tuturor semnalizărilor și declanșărilor protecției. După 20 de funcționări pe scurtcircuit a rezistenței, precum și atunci cînd apar anomalii în funcționare se vor face verificările indicate în normativele MEE-PE 016 și PE 116 ;
— manevrarea rezistenței prin separatorul propriu se va face după scoaterea de sub tensiune a transformatorului pentru crearea neutrului artificial.

3.6.7.2. PRINCIPALELE DEFECȚIUNI ȘI REMEDIEREA LOR

În cazul transformatoarelor și bobinelor trifazate pentru crearea neutrului artificial se va consulta § 3.1.2.4.

Bobine de stingere. Defecțiunile bobinei de stingere în exploatare sînt asemănătoare cu cele ale transformatoarelor de forță. La apariția

Modul de acţionare al personalului de exploatare la defecţiuni constatate în funcţionarea bobinelor de stingere

Nr. crt.	Defecţiunea constatată	Modul de acţionare al personalului de exploatare
1	Încălzire anormală şi creşterea temperaturii în condiţii normale de răcire	Se va retrage din exploatare bobina de stingere în următoarele situaţii: — temperatura uleiului este cu 10°C mai mare decît temperatura admisă; — în afara creşterii temperaturii apar şi alte fenomene periculoase, zgomot, semnalizarea releului de gaze
2	Scurgeri de ulei	Se retrage din exploatare bobina de stingere numai dacă uleiul a scăzut sub limita admisă
3	Schimbarea zgomotului obişnuit în bobina de stingere în perioada compensării curentului capacitiv	Se va retrage din exploatare bobina în următoarele cazuri: — în interiorul bobinei se aud zgomote deosebite, descărcări sau pocnituri; — în afara creşterii zgomotului obişnuit se observă şi creşterea temperaturii uleiului
4	Semnalizarea releului de gaze	Se retrage din exploatare bobina de stingere
5	Apariţia de fisuri la izolatoare, descărcări electrice sau conturnări de izolatoare	Se retrage din exploatare bobina de stingere dacă se observă fisuri sau străpungeri la izolatoare, precum şi în cazul în care se observă emisii de radiaţii luminoase la izolatoare. În celelalte cazuri se comunică fenomenul treptei de conducere cu autoritate de decizie
6	Defecţiuni la sistemul de reglare al acordului bobinei de stingere	Se va retrage din exploatare bobina de stingere, obligatoriu, în cazul schimbării configuraţiei reţelei în care se compensează curentul capacitiv
7	Incendiu	Se retrage din exploatare bobina de stingere. Se acţionează conform instrucţiunilor PSI

acestor defecţiuni se va proceda ca în cazul remedierii defecţiunilor la transformatoare.

Pentru orice funcţionare anormală a bobinei de stingere (scurgeri de ulei, încălzire mare, zgomot anormal etc.) se va anunţa imediat treapta operativă cu autoritate de decizie, notîndu-se cele constatate în registrul operativ.

Pentru diferite defecte care apar în exploatare, precum şi în caz de incendiu, se va proceda conform celor indicate în tabelul 3.6.8.

Rezistenţa pentru tratarea neutrului. Pentru orice funcţionare anormală a rezistenţei se va anunţa imediat treapta operativă cu autoritate de decizie, notîndu-se cele constatate în registrul operativ.

Pentru diferite defecte care apar în exploatare, personalul de exploatare va proceda conform celor indicate în tabelul 3.6.9.

3.6.8. ÎNTREŢINERE, ÎNCERCĂRI ŞI MĂSURĂTORI ÎN EXPLOATARE

● *Revizia tehnică* (RT) a echipamentelor pentru tratarea neutrului cuprinde ansamblul de operaţii executate periodic pentru verificarea, curăţirea, eliminarea unor defecţiuni, măsurători profilactice, înlocuirea unor elemente, piese uzate sau subansambluri, avînd şi scopul de a constata starea tehnică a echipamentelor înainte de executarea reparaţiei planificate.

Revizia tehnică se execută la locul de amplasare al acestor echipamente, de către echipe specializate.

Conţinutul orientativ al lucrărilor de revizii tehnice ale echipamentelor pentru tratarea neutrului este următorul:

La *trasformatoare şi bobine trifazate pentru crearea neutrului artificial* lucrările sînt asemănătoare cu cele ale transformatoarelor şi autotransformatoarelor.

Bobine de stingere

— curăţirea capacului, a cuvei şi a accesoriilor;

— controlul nivelului uleiului;

— controlul etanşeităţii îmbinărilor inclusiv a dispozitivului de acţionare;

— verificarea dispozitivului de reglaj continuu al bobinei;

— revizia motorului electric de acţionare (controlul umidităţii bobinajului, starea bornelor etc.);

— revizia angrenajului elicoidal;

— recoltarea probelor de ulei;

Tabelul 3.6.9

Modul de acţionare al personalului de exploatare la defecţiuni constatate în funcţionarea rezistenţelor pentru tratarea neutrului

Nr. crt.	Defecţiunea constatată	Modul de acţionare al personalului de exploatare
1	Întreruperea elementelor de rezistenţă între bornele de intrare şi ieşire	— Se retrage din exploatare rezistenţa şi se reface continuitatea acesteia
2	Fisurarea izolatoarelor rolă sau suport	— Se programează schimbarea izolatoarelor fisurate, urgent
3	Deplasarea izolatoarelor rolă, ceea ce permite ca rezistenţa de Cr—Ni să calce direct pe cadrele metalice	— Deoarece se schimbă caracteristicile rezistenţei de limitare, acesta se retrage urgent din exploatare şi se remediază defecţiunea
4	Scurtcircuitarea unor porţiuni din rezistenţa de tratare prin atingerea rezistenţelor elementare între ele	— Se retrage rezistenţa din exploatare şi se remediază defecţiunea
5	Slăbirea sau desfacerea legăturilor la borne	— În funcţie de urgenţa reclamată de defect se programează şi se retrage din exploatare rezistenţa
6	Degradarea instalaţiilor de legare la pămînt	— Cu ocazia reviziilor programate se remediază defectele constatate
7	Desfacerea legăturilor de la instalaţiile de legare la pămînt	— Se programează urgent scoaterea din funcţiune a rezistenţei şi se refac urgent legăturile, deoarece există pericol de electrocutare
8	Blocarea sau funcţionarea intempensivă a instalaţiilor de protecţie	— Personalul PRAM va remedia urgent defecţiunile întrucît există pericolul să declanşeze transformatoarele de putere
9	Depuneri de praf, impurităţi, agenţi poluanţi pe rezistenţă şi pe izolatoare	— Cu ocazia reviziilor programate se îndepătrează praful. Dacă sînt depuneri de agenţi corosivi se protejează rezistenţa cu unsoaresiliconică
10	Pătrunderea zăpezii, viscolului în cabina metalică	— Se retrage din exploatare rezistenţa pentru îndepărtarea zăpezii din cabină. La revizia tehnică se montează paravane, care să împiedice pătrunderea zăpezii în cabină fără a înrăutăţi ventilaţia

— corecturi de vopsire;
— remedieri defecțiuni;
— încercări și măsurători profilactice, și anume: măsurarea rezistenței de izolație, măsurarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice a izolației înfășurării tg δ, măsurarea rezistenței ohmice a înfășurărilor, verificarea traductorului de temperatură (termometru), verificarea circuitelor de comandă, controlul instalațiilor auxiliare bobinei, verificarea transformatoarelor de măsură incluse în bobina de stingere, verificarea DRV de la bornele bobinei, încercarea uleiului.

Rezistențe pentru tratarea neutrului

— curățirea rezistenței pentru tratarea neutrului și a izolatoarelor;
— controlul vizual al stării exterioare, verificarea etanșeității;
— verificarea legăturilor conexiunilor interioare;
— verificarea legăturii la pămînt;
— revizia tehnică a transformatorului de curent inclus;
— remedieri defecțiuni;
— corecturi de vopsire;
— încercări și măsurători profilactice, și anume: măsurarea rezistenței de izolație a pachetului de elemente și a rezistenței în ansamblu, măsurarea rezistenței ohmice a pachetului de elemente și a rezistenței în ansamblu, verificarea transformatorului de curent inclus, verificarea contactului electric dintre borna de legare la pămînt a rezistenței și priza de legare la pămînt a stației.

Costul lucrărilor de revizii tehnice care se execută la echipamentele pentru tratarea neutrului nu trebuie să depășească 5% din valoarea de înlocuire a fondului fix respectiv.

Periodicitatea lucrărilor de revizii tehnice care se execută la echipamentele pentru tratarea neutrului este următoarea:

— transformatoare de M.T./J.T. pentru crearea neutrului artificial, care servesc și pentru alimentarea serviciilor proprii — 1...3 ani, funcție de importanța stației de transformare;
— bobine trifazate pentru crearea neutrului artificial, bobine de stingere — 3 ani;
— rezistențe pentru tratarea neutrului — 1 an.

● *Reparația curentă* (RC) a echipamentelor pentru tratarea neutrului cuprinde ansamblul de operații prin care se urmărește aducerea la

parametrii proiectaţi a tururor părţilor componente, remediindu-se toate defecţiunile constatate în timpul exploatării, pentru asigurarea funcţionării în condiţii de siguranţă pînă la următoarea reparaţie capitală.

Conţinutul orientativ al lucrărilor de reparaţii curente este următorul:

La *transformatoare şi bobine trifazate pentru crearea neutrului artificial*, lucrările sînt asemănătoare celor descrise la § 3.1.2.4.

Bobine de stingere

— lucrările prevăzute la revizia tehnică;

— controlul prezenţei depunerilor în cuvă şi în conservator şi recoltarea probelor de ulei;

— înlocuirea pieselor defecte, demontarea parţială sau totală a ansamblurilor sau subansamblurilor şi remedierea sau înlocuirea lor cu altele noi sau reparate;

— vopsire;

— încercările şi măsurătorile profilactice indicate la lucrările de revizie tehnică şi în plus: măsurarea rezistenţei de izolaţie a jugului, buloanelor, măsurarea polarităţii şi a raportului de transformare a transformatoarelor de măsură incluse, încercarea izolaţiei cu tensiune alternativă mărită, verificarea înclinării conductei de legătură între bobina de stingere şi conservator.

Rezistenţe pentru tratarea neutrului

— lucrările prevăzute la revizia tehnică;

— înlocuirea pieselor defecte, demontarea subansamblelor defecte şi remedierea sau înlocuirea lor cu altele noi sau reparate;

— vopsire;

— încercările şi măsurătorile profilactice prevăzute, indicate la lucrările de revizie tehnică şi în plus: încercarea cu tensiune mărită a pachetului de elemente şi a rezistenţei în ansamblu.

O parte din încercările şi măsurătorile prevăzute a se executa la echipamentele pentru tratarea neutrului în cadrul RC se fac numai în cazul în care s-au făcut intervenţii la înfăşurări sau la miezul magnetic.

La echipamentele pentru tratarea neutrului sînt prevăzute în normativ lucrări de reparaţii curente de gradul II. Valoarea acestor lucrări nu trebuie să depăşească 15% din valoarea de înlocuire a fondului fix respectiv.

Periodicitatea lucrărilor de reparaţii curente la echipamentele pentru tratarea neutrului este următoarea:

— transformatoare de M.T./J.T. pentru crearea neutrului artificial — 8...12 ani;

— bobine trifazate pentru crearea neutrului artificial, bobine de stingere, rezistenţe pentru tratarea neutrului — 6 ani.

● *Reparaţia capitală* (RK) a echipamentelor pentru tratarea neutrului reprezintă complexul de lucrări prin care se asigură readucerea caracteristicilor tehnico-economice la parametrii proiectaţi. În cadrul reparaţiei capitale se efectuează înlocuirea totală sau parţială a unor elemente structurale deteriorate ca urmare a uzurii fizice, precum şi executarea de modernizări menite să îmbunătăţească starea tehnică a instalaţiei sau să ridice calitatea parametrilor tehnico-funcţionali.

Conţinutul orientativ al lucrărilor de reparaţii capitale este următorul:

La *transformatoare şi bobine trifazate pentru crearea neutrului artificial* lucrările sînt asemănătoare celor descrise la § 3.1.2.4.

Bobine de stingere

— lucrările prevăzute la reparaţiile curente;

— demontarea parţială sau totală a bobinei de stingere, recondiţionarea sau înlocuirea parţială sau totală a pieselor uzate, respectiv a unuia sau mai multor subansambluri care nu mai pot funcţiona în condiţii de siguranţă, în scopul readucerii bobinei de stingere la caracteristicile iniţiale;

— îmbunătăţiri şi modernizări;

— încercări şi măsurători prevăzute la reparaţia curentă.

Rezistenţe pentru tratarea neutrului

— lucrările prevăzute la reparaţiile curente;

— lucrări de reparaţii efectuate în scopul readucerii fondului fix cît mai aproape de caracteristicile iniţiale;

— îmbunătăţiri şi modernizări;

— încercări şi măsurători prevăzute la reparaţia curentă.

Valoarea lucrărilor de reparaţii capitale la echipamentele pentru tratarea neutrului este de 50% din valoarea de înlocuire a fondului fix respectiv.

Periodicitatea acestor lucrări este următoarea:

— transformatoare de M.T./J.T. pentru crearea neutrului artificial — 15...20 ani;

— bobine trifazate pentru crearea neutrului artificial, bobine de stingere, rezistenţe de tratarea neutrului — 12 ani.

3.7. APARATE DE PROTECȚIE CONTRA SUPRATENSIUNILOR

3.7.1. CONSIDERAȚII GENERALE

Izolația echipamentelor electrice în exploatare este supusă unui ansamblu de solicitări de natură electrică, mecanică, chimică, termică, biologică. Aceste solicitări, în timp, duc la degradarea izolației, adică la reducerea rezistenței dielectrice comparativ cu valoarea ei cînd echipamentul era nou.

Izolația echipamentelor trebuie să asigure o funcționare normală și nelimitată a echipamentelor în timp, la tensiunea de serviciu și la condițiile de funcționare ale sistemului energetic. În această situație, din punct de vedere electric, izolația poate fi solicitată de următoarele patru mari categorii de tensiuni:

— tensiunea maximă de serviciu a rețelei;
— supratensiuni de trăsnet (externe sau atmosferice);
— supratensiuni de comutație (interne);
— supratensiuni temporare.

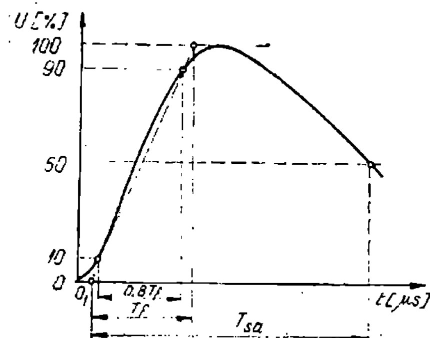


Fig. 3.7.1. Unda de supratensiune de impuls standardizată:
T_f — durata convențională a undei;
T_{sa} — durata valorii semiamplitudinii.

Pentru asigurarea funcționării instalațiilor, izolația echipamentelor trebuie să suporte și solicitările datorite supratensiunilor.

Orice creștere a tensiunii instalațiilor peste tensiunea maximă de serviciu se definește ca *supratensiune*.

În rețelele electrice supratensiunile de trăsnet și de comutație pot avea forme diferite, dar pentru coordonarea izolației instalațiilor electrice se consideră definirea conform STAS 6489 a acestor supratensiuni prin indicarea clasificării și a valorii de vîrf, fig. 3.7.1.

În consecință, se definește valoarea duratei convenționale a frontului undei T_f și valoarea duratei semiamplitudinii undei T_{sa}. Astfel se consideră tensiunea nominală de impuls de trăsnet, tensiunea cu caracteristicile 1,2/50 μs, iar tensiunea nominală de impuls de comutație, tensiunea cu caracteristicile 250/2 500 μs.

Supratensiunile de trăsnet apar ca urmare a fenomenului de încărcare și descărcare electrică în atmosferă. Ele se prezintă sub forma unor unde de impuls și depind în principal de valoarea curentului de trăsnet.

Efectele trăsnetului asupra instalațiilor electrice se grupează în efecte primare, datorită loviturilor directe și efecte secundare, datorită inducției electrostatice și electromagnetice. În funcție de obiectul lovit de trăsnet, efectul loviturii directe este diferit. Astfel, în cazul lovirii unui obiect metalic (stîlp metalic al unei linii electrice aeriene, conductoare, paratrăsnet) se produce încălzirea acestuia ; un stîlp de lemn este așchiat putînd lua foc, iar o construcție din cărămidă sau beton poate fi distrusă de efectele electrodinamice ale trăsnetului.

La căderea trăsnetului direct pe o linie electrică aeriană, în elementele ei iau naștere supratensiuni, a căror valoare depinde de locul de cădere a trăsnetului, de amplitudinea curentului de trăsnet și de parametrii liniei electrice aeriene.

În funcție de amplitudinea curenților de trăsnet, supratensiunile pot depăși nivelul de izolație al echipamentelor. Din această cauză instalațiile și echipamentele electrice se protejează împotriva loviturilor directe de trăsnet prin paratrăsnete, iar liniile electrice aeriene — cu conductoare de protecție.

Supratensiunile de trăsnet induse sînt supratensiuni care apar, într-un obiect sau linie electrică aeriană, ca urmare a unei lovituri de trăsnet lîngă obiectul sau linia respectivă. Aceste supratensiuni apar ca urmare a variațiilor bruște ale cîmpului electric al trăsnetului.

Supratensiunile induse depind de amplitudinea curentului de trăsnet, de înălțimea de suspendare a conductorului liniei electrice aeriene deasupra solului și variază invers proporțional cu distanța de la locul lovirii trăsnetului pînă la conductor. Amplitudinea supratensiunilor induse înregistrate nu a depășit decît în cazuri rare 500–600 kV. Supratensiunile induse apar pe toate fazele liniei avînd valori diferite. Această diferență este mai mare la căderea trăsnetului în apropierea conductoarelor și cînd conductoarele sînt așezate în planuri diferite, fiind neînsemnată la căderea trăsnetului la distanțe mai mari decît distanța dintre faze sau la așezarea conductoarelor în plan orizontal.

Protejarea liniilor contra supratensiunilor induse se face cu conductoare de protecție. Acestea produc scăderea valorii supratensiunii induse, deoarece interceptînd o parte din liniile de cîmp ale trăsnetului determină scăderea intensității cîmpului și micșorarea cantității de electricitate acumulată în locul unde cade trăsnetul.

Supratensiunile de comutație sînt supratensiuni care apar în timpul fenomenelor tranzitorii prilejuite de comutații voite sau intempestive. Amplitudinea și durata supratensiunilor de comutație poate varia în

limite largi, depinzînd de tensiunea de serviciu, de configurația rețelei, de modul de tratare a neutrului rețelei, de caracteristicile aparatelor de comutație și de protecție contra supratensiunilor.

Supratensiunile de comutație sînt inevitabile într-o rețea electrică Ele apar în condiții normale de exploatare, cum ar fi manevre voite, în rețea, ca și la defecte în funcționare cum ar fi scurtcircuite.

Cauzele acestor supratensiuni sînt redate în continuare:

a) Conectarea și deconectarea curenților capacitivi:

— deconectarea și conectarea în gol a liniilor electrice aeriene sau în cablu. Supratensiunile sînt provocate de reaprinderea arcului în camera de stingere a întreruptorului în momentul depărtării respectiv apropierii contactelor;

— conectarea și deconectarea bateriilor de condensatoare;

— conectarea și deconectarea barelor colectoare în gol.

b) Conectarea și deconectarea curenților mici inductivi:

— conectarea și deconectarea transformatoarelor în gol și cu sarcină inductivă;

— conectarea și deconectarea bobinelor de reactanță pentru compensare.

În majoritatea cazurilor supratensiunile interne nu depășesc $3-3{,}5U_f$ și numai în cazuri izolate s-au înregistrat valori de $4-5U_f$.

Supratensiunile temporare sînt supratensiuni sub forma unor oscilații neamortizate sau slab amortizate putînd avea o frecvență de oscilație mai mică, egală sau mai mare decît frecvența rețelei, cu o durată relativ mare variind între 0,02 și 1,5 s.

Aceste supratensiuni apar într-un punct al rețelei datorită unor modificări de stare a rețelei, a unor defecte sau a unor fenomene neliniare.

Cauzele care provoacă aceste supratensiuni sînt:

— efectul capacitiv al liniilor electrice în gol;

— deconectarea unor reactanțe de compensare;

— separarea bruscă a unor sarcini mari de la capătul unei linii lungi (aruncarea sarcinii);

— scurtcircuite cu pămîntul nesimetrice;

— rezonanță în circuitele cu caracteristici lineare alimentate nesimetric (faze întrerupte sau închiderea nesimetrică a polilor unui întreruptor);

— oscilații forțate în circuitele cu caracteristici nelineare.

Pentru protecţia instalaţiilor electrice împotriva diferitelor supratensiuni se respectă în general următoarele prevederi:

Protecţia contra supratensiunilor de trăsnet

a) Protecţia liniilor electrice aeriene

Liniile electrice aeriene de 110—400 kV se protejează prin conductoare de protecţie pe toată lungimea lor împotriva loviturilor directe de trăsnet.

Liniile electrice aeriene de 6—35 kV nu se protejează de regulă împotriva loviturilor directe de trăsnet. Calculele tehnico-economice indică oportunitatea renunţării la folosirea conductoarelor de protecţie.

Pentru protejarea conductoarelor active împotriva loviturilor directe de trăsnet, unghiul de protecţie trebuie să fie cuprins între limitele $\alpha = 20-30°$, fig. 3.7.2. De asemenea, la liniile electrice aeriene de 110—400 kV conductoarele de protecţie se leagă la priza de pămînt a fiecărui stîlp prin elementele conductoare ale stîlpului.

Pentru reducerea numărului de declanşări ale liniilor electrice aeriene datorită loviturilor de trăsnet, în reţelele electrice se utilizează reanclanşarea automată rapidă (RAR).

De asemenea, reducerea numărului de avarii provocate de supratensiunile de trăsnet se asigură prin înlăturarea punctelor slabe cu izolaţie redusă în raport cu izolaţia restului liniei, sau prin protejarea punctelor slabe, acolo unde nu se pot înlătura. Astfel, un cablu intercalat în linia electrică aeriană, cînd are o anumită lungime, poate realiza autoprotecţia sa. În caz contrar, cablul se protejează cu descărcătoare cu coarne (DC) sau descărcătoare cu rezistenţă variabilă (DRV). Stîlpii speciali ai liniei electrice aeriene se protejează prin întărirea izolaţiei, reducerea rezistenţei prizei de legare la pămînt faţă de restul stîlpilor sau prin montarea descărcătoarelor cu coarne sau cu rezistenţă variabilă.

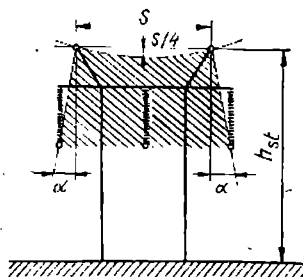


Fig. 3.7.2. Unghiul de protecţie al conductoarelor de protecţie: h_{st} — înălţimea de suspensie a conductoarelor de protecţie.

b) Protecţia instalaţiilor electrice exterioare şi clădirilor împotriva loviturilor directe de trăsnet

Instalaţiile exterioare avînd tensiuni nominale egale sau mai mici de 20 kV nu se protejează împotriva loviturilor directe de trăsnet.

Instalaţiile exterioare cu tensiuni mai mari de 20 kV se protejează împotriva loviturilor directe de trăsnet prin paratrăsnete. De regulă, paratrăsnetele se montează pe cadrele instalaţiei respective.

c) Protecţia instalaţiilor electrice împotriva undelor de supratensiune de trăsnet care se propagă pe linie

Protecţia se realizează cu descărcătoare cu rezistenţă variabilă sau descărcătoare cu coarne funcţie de tensiunea nominală a instalaţiei electrice de protejat, importanţa instalaţiei şi indicele keraunic al zonei. Indicele keraunic al unei zone geografice defineşte numărul de zile de furtună cu descărcări electrice în decursul unui an.

Protecţia instalaţiilor electrice contra supratensiunilor de comutaţie
Se realizează cu descărcătoare cu rezistenţă variabilă.

Protecţia instalaţiilor electrice contra supratensiunilor temporare.

La reţelele de medie tensiune se aplică măsurile de tratare a neutrului prin bobine de stingere şi rezistenţă de limitare.

În reţelele de înaltă tensiune protecţia se bazează pe compensarea transversală a liniilor cu bobine de reactanţă şi prin realizarea unui reglaj corespunzător al protecţiei prin relee corelat cu caracteristicile aparatajului din staţiile respective.

3.7.2. PRINCIPII DE FUNCŢIONARE. TIPURI CONSTRUCTIVE

3.7.2.1. MIJLOACE DE PROTECŢIE ÎMPOTRIVA LOVITURILOR DIRECTE DE TRĂSNET

Paratrăsnetul. Paratrăsnetul este un dispozitiv de protecţie a construcţiilor împotriva loviturilor directe de trăsnet. Este alcătuit din elemente de captare amplasate deasupra construcţiei protejate, elemente de coborîre şi elemente de legare la pămînt.

Paratrăsnetele pot fi verticale sau orizontale. Paratrăsnetul vertical se amplasează de obicei pe stîlpii din beton centrifugat sau din metal ai staţiilor electrice. Elementul de captare este realizat dintr-o tijă telescopică din oţel, a cărui parte terminală are secţiunea minimă de 16 mm^2. La stîlpii din beton centrifugat coborîrea se realizează printr-una din armături căreia i se asigură continuitatea pe toată înălţimea stîlpului. Stîlpii metalici nu necesită coborîri separate.

În practică drept paratrăsnete se utilizează şi alte obiecte înalte, cum sînt turnuri de răcire, antene sau alte construcţii înalte, la care se asigură legarea la pămînt a vîrfarelor.

Zona de protecţie a unui paratrăsnet vertical se defineşte ca spaţiul cuprins în jurul paratrăsnetului în care un obiect este protejat cu o probabilitate de 10^{-3} de loviturile directe de trăsnet datorită orientării trăsnetului spre paratrăsnet.

Zona de protecţie a unui paratrăsnet vertical este reprezentată în fig. 3.7.3, iar a două paratrăsnete verticale este reprezentată în fig. 3.7.4. În cazul existenţei mai multor paratrăsnete, zona lor de protecţie se determină compunînd zonele de protecţie a cîte două din ele.

Paratrăsnetul orizontal este în general realizat din conductoarele de protecţie ale liniilor electrice aeriene. Paratrăsnetele orizontale folosite pentru protecţia clădirilor sînt realizate de obicei din bandă de oţel întinsă pe conturul clădirii.

Zona de protecţie a unui paratrăsnet orizontal este spaţiul cuprins în jurul paratrăsnetului în care un obiect este ferit de loviturile directe de trăsnet cu o posibilitate de 10^{-3}.

Zona de protecţie a unui paratrăsnet orizontal este reprezentată în fig. 3.7.5, iar a două paratrăsnete orizontale paralele este reprezentată în fig. 3.7.6.

3.7.2.2. MIJLOACE DE PROTECŢIE ÎMPOTRIVA UNDELOR DE SUPRATENSIUNE

Descărcătoare. Principalele mărimi care caracterizează performanţele descărcătoarelor sînt următoarele: [10]

— *Tensiunea nominală:* tensiunea pentru care este dimensionat descărcătorul şi reţeaua electrică şi la care sînt raportate proprietăţile de exploatare ale descrescătorului.

— *Tensiunea de stingere:* tensiunea de frecvenţă industrială la care descărcătorul asigură întreruperea curentului de însoţire.

— *Tensiunea de amorsare la frecvenţa industrială:* tensiunea de frecvenţă industrială care aplicată la bornele descărcătorului [produce amorsarea tuturor eclatoarelor serie ale acestuia.

— *Tensiunea de amorsare 100% la impuls normalizat 1,2/50 μs:* cea mai mică valoare de vîrf a unei unde de impuls de tensiune normalizată 1,2/50 μs care aplicată la bornele descărcătorului provoacă amorsare de fiecare dată a acestuia.

— *Tensiunea reziduală:* tensiunea care apare la bornele descărcătorului în timpul trecerii curentului de descărcare.

— *Curentul nominal de descărcare:* curentul de impuls normalizat 8/20 μs care trece prin descărcător după amorsarea eclatoarelor serie, pentru care este dimensionat descărcătorul.

— *Curentul de însoţire:* curentul care trece prin descărcător după trecerea curentului de descărcare datorită tensiunii de frecvenţă industrială a reţelei.

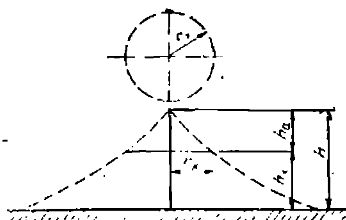


Fig. 3.7.3. Zona de protecţie a unui singur paratrăsnet vertical:

h — înălţimea paratrăsnetului; r_x — raza zonei de protecţie la înălţimea h_x; h_a — înălţimea activă a paratrăsnetului.

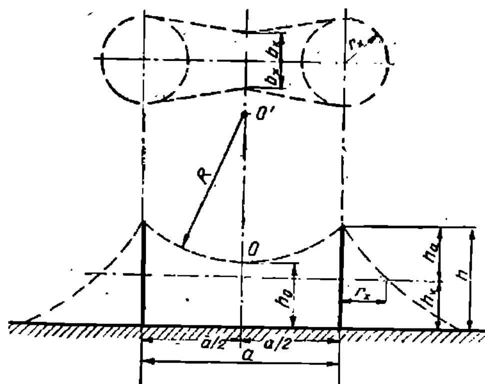


Fig. 3.7.4. Zona de protecţie a două paratrăsnete verticale egale:

a — distanţa între paratrăsnete; $2b_x$ — lăţimea minimă a zonei de protecţie la nivelul h_x; r_x — raza zonei de protecţie a unui paratrăsnet la nivelul h_x; R — raza circumferinţei care trece prin vîrfurile paratrăsnetelor şi punctul O dispus la nivelul h_0; h — înălţimea paratrăsnetelor.

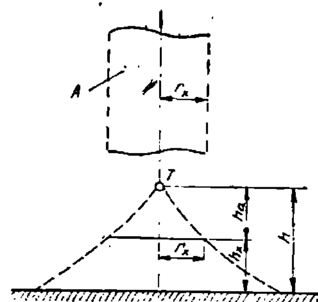


Fig. 3.7.5. Zona de protecţie a unui paratrăsnet orizontal:

A — secţiunea orizontală a zonei de protecţie la nivelul h_x; T — conductor de protecţie; r_x — raza zonei de protecţie la nivelul h_x; h — înălţimea de suspendare a paratrăsnetului.

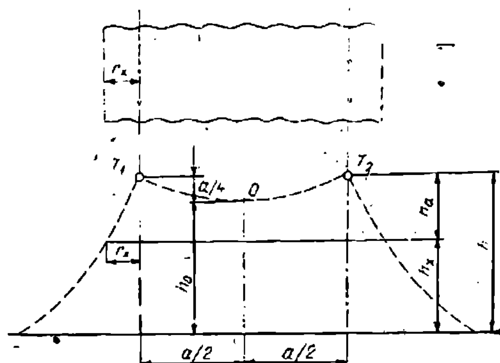


Fig. 3.7.6. Zona de protecţie a două paratrăsnete orizontale paralele:

a — distanţa dintre conductoare; h — înălţimea de suspendare a paratrăsnetelor; T_1, T_2 — conductoare de protecţie.

— *Curentul de conductivitate :* curentul care trece prin descărcător la aplicarea unei tensiuni date, inferioară sau cel mult egală cu tensiunea nominală a descărcătorului.

Descărcătoare cu coarne (DC). Descărcătorul cu coarne este un dispozitiv simplu de protecţie împotriva supratensiunilor atmosferice format din două eclatoare metalice montate pe izolatoare suport rigidizate pe consolă, fie pe un lanţ de izolare de întindere. Unul din electrozii eclatorului se leagă la o fază a echipamentului electric de protejat, iar celălalt este legat la pămînt. În exploatare normală eclatoarele asigură separarea faţă de pămînt a bornei aflată sub tensiune, iar la apariţia unei supratensiuni cu amplitudinea mai mare decît tensiunea de amorsare a spaţiului disruptiv, acesta amorsează, limitînd unda de supratensiune la o valoare dinainte stabilită. Arcul care se stabileşte între electrozi şi care după scurgerea la pămînt a supratensiunii rămîne alimentat de tensiunea reţelei, de regulă, nu poate fi stins decît prin deconectarea instalaţiei de protecţie prin relee. Astfel, utilizarea descărcătoarelor cu coarne presupune declanşări frecvente ale întreruptoarelor instalaţiei protejate. Deoarece după stingerea arcului, descărcătorul cu coarne îşi recapătă capacitatea de funcţionare şi în scopul menţinerii alimentării consumatorilor, liniile electrice aeriene sînt prevăzute cu dispozitive de reanclanşare automată rapidă (RAR).

Descărcătoarele cu coarne se pot utiliza pentru protecţia izolaţiilor cu tensiuni pînă la 220 kV. La noi în ţară această protecţie se utilizează în prezent numai în reţelele de medie tensiune. Tipurile cele mai uzuale de descărcătoare cu coarne folosite în reţelele de medie tensiune sînt reprezentate în fig. 3.7.7. Evazarea electrozilor este făcută cu scopul de a permite deplasarea arcului şi totodată întinderea lui. În reţelele de medie tensiune cu neutrul izolat sau tratat prin bobină de stingere există posibilitatea ca arcul curenţilor capacitivi de punere la pămînt sau a curenţilor reziduali să se stingă prin întinderea lui. Prin aceasta, se evită declanşarea liniei la funcţionarea descărcătorului pe o fază. Astfel, descărcătoarele cu coarne prezintă o eficienţă optimă în cazul compensării cu bobină de stingere a curentului capacitiv de punere la pămînt. Prevederea la aceste descărcătoare a unui electrod suplimentar sau împărţirea intervalului de protecţie în două părţi este necesară pentru evitarea amorsării imtempestive a acestora datorită păsărilor.

Înregistrarea funcţionării descărcătorului cu coarne se poate realiza prin vopsirea cu o vopsea indicatoare. După urmele lăsate de arc se poate face aprecierea asupra funcţionării dispozitivului şi asupra intensităţii arcului (dacă a fost curent de punere la pămînt sau curent de scurtcircuit).

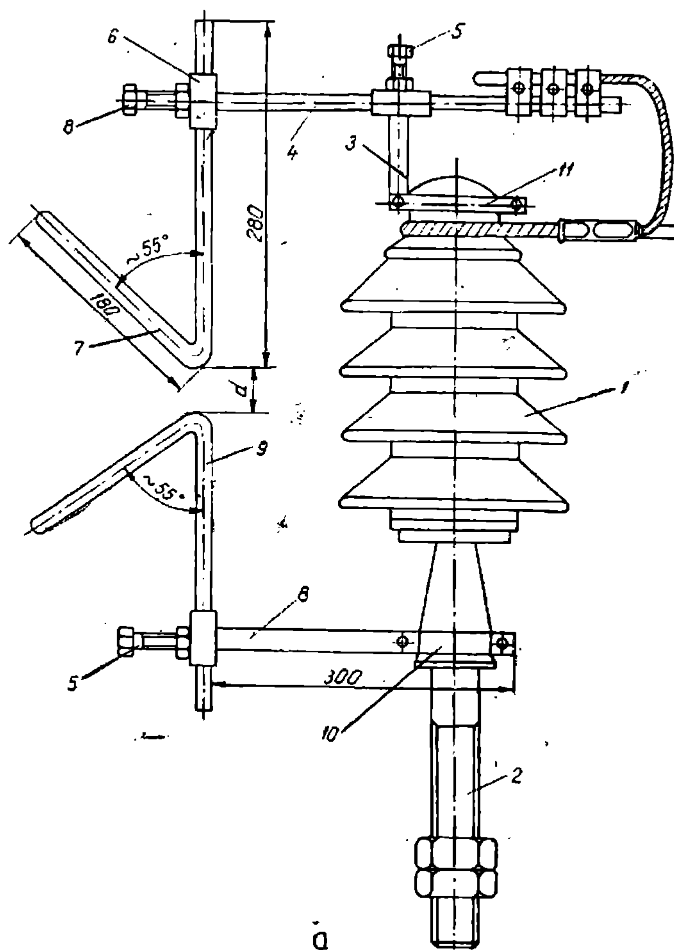
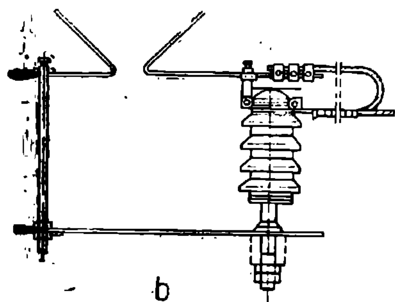


Fig. 3.7.7. Descărcătoare cu coarne :

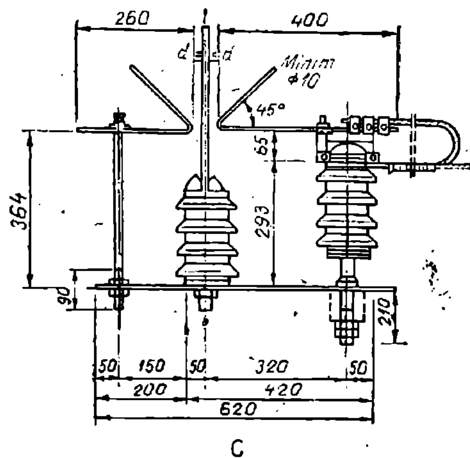
a — descărcător cu coarne 6—20 kV tip vertical fără electrod antipasăre, pe izolator Is Ns :

1 — izolator ; *2* — suport izolator ; *3* — suport tijă ; *4* — tijă ; *5* — şurub de reglaj M8×25 ; *6* — bucşă ghidare ; *7* — corn superior ; *8* — consolă susţinere corn inferior ; *9* — corn inferior ; *10* — brăţară fixare consolă susţinere corn inferior ; *11* — brăţară fixare suport tijă.

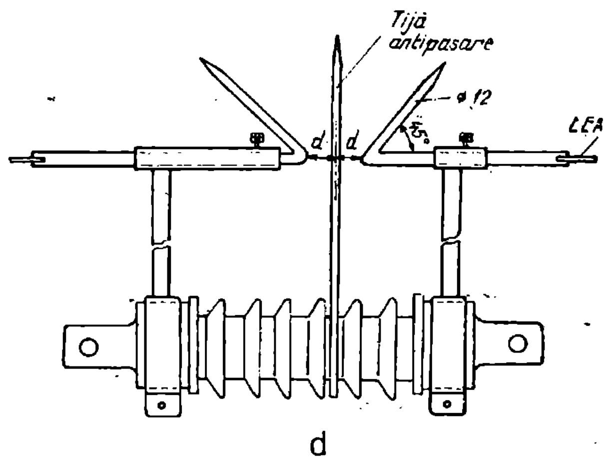
b — descărcător cu coarne 6—20 kV tip orizontal fără electrod antipasăre, pe izolator Is Ns ; *c* — descărcător cu coarne 6—20 kV cu electrod antipasăre, pe izolator Is Ns ; *d* — descărcător cu coarne 6—20 kV cu electrod antipasăre, la izolator ITfs.



b


260
400
d
d
Minim
ϕ10
45°
65
364
293
90
210
50
150
50
320
50
200
420
620

c


Tijă
antipasare
ϕ12
45°
d
d
LEA

d

La montarea descărcătoarelor cu coarne se vor respecta urm tourele : se va face un control al stării izolatoarelor după care se ex cută montarea și reglarea intervalelor disruptive conform indicațiil din tabelul 3.7.1. Eclatoarele și tija antipasăre se vor monta în acela plan vertical. De asemenea, pe verticală pînă la distanța de 1 m de supra eclatoarelor nu va exista nici un obstacol care să împiedice de voltarea arcului.

Tabelul 3.7.

Reglajele pentru descărcătoarele cu coarne montate la posturi de transformar și pe linii electrice aeriene :
tipul d_1+d_2 — descărcătoare cu coarne cu două intervale disruptive cu electrod antipasăre ; tipul d — descărcătoare cu coarne cu un singur interval disruptiv

Tensiunea nominală a rețelei [kV]	Reglajul conform tipului de descărcător [mm]			
	La postul de transformare		Pe linia electrică aeriană	
	Tipul d_1+d_2	Tipul d	Tipul d_1+d_2	Tipul d
6	10+10	10	20+20	20
10	18+18	20	25+25	30
15	23+23	30	30+30	40
20	30+30	40	40+40	55
25	40+40	65	55+55	85
35	50+50	80	60+60	110

Descărcătoare cu rezistență variabilă (DRV). Descărcătorul cu r zistență variabilă este un aparat care are proprietatea de a limita s pratensiunile pînă la valori ce pot fi întrerupte de descărcătorul în suși prin intermediul unor rezistențe dependente de tensiune și curent de însoțire.

Părțile principale ale descărcătorului cu rezistență variabilă sîn eclatoarele și rezistențele nelineare (variabile). Eclatoarele se constru iesc în două moduri : clasic (cu rezistență de șuntare) și cu suflaj mag netic, de unde și denumirea celor două tipuri (grupe) de descărcătoare *descărcătoare cu rezistență variabilă clasice* (cu rezistență de șuntare) și *descărcătoare cu rezistență variabilă cu suflaj magnetic.*

Descărcătoare cu rezistență de șuntare. Principalele elemente com ponente ale unui astfel de descărcător, prezentate în fig. 3.7.8, sînt discurile eclatoare *1* din alamă, montate în formă de coloană ; rezis tențele de șuntare *2*, montate în paralel cu eclatoarele ; coloana cu re zistențe neliniare *3*, formată din discuri de carbură de siliciu ; izola torul de porțelan *4*.

Eclatoarele au rolul de a asigura în exploatarea normală separarea față de pămînt a bornei aflate sub tensiune și de a amorsa cînd tensiunea aplicată depășește o anumită valoare. De obicei, fiecare eclator amorsează la valoarea de vîrf a tensiunii cuprinsă între 3 și 6 kV, numărul eclatoarelor crescînd o dată cu tensiunea de serviciu a des-

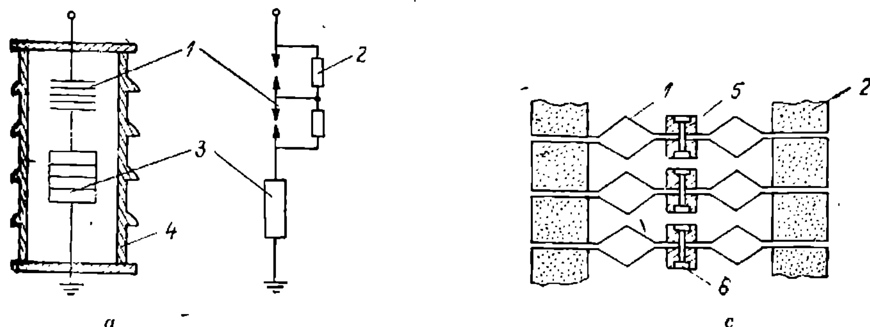


Fig. 3.7.8. Descărcător cu rezistență variabilă și rezistență de șuntare :
a — schița constructivă ; b — schema electrică echivalentă ; c — detalii constructive.
1 — eclatoare ; 2 — rezistențe de șuntare ; 3 — rezistențe neliniare ; 4 — izolator din porțelan ; 5 — piese speciale cu permitivitate mare ; 6 — nit.

cărcătorului. Pentru amorsarea rapidă a eclatoarelor, se menține în permanență în jurul lor, la tensiunea de lucru, o stare de preionizare cu ajutorul unor piese speciale 5, confecționate din materiale cu permitivitate mare (titrat de bariu) și prinse prin niturile 6, fig. 3.7.8.

Rezistențele de șuntare au rolul de a repartiza uniform cîmpul electric pe eclatoare, independent de capacitățile lor parazite, permițînd amorsarea fiecărui eclator la aceeași valoare a tensiunii, precum și asigurarea condițiilor de stingere a arcului. Sînt confecționate din materiale ceramice.

Coloana de rezistențe variabile este confecționată din mai multe discuri din carbură de siliciu (carborund) cu aceeași caracteristică neliniară, fig. 3.7.9. La amorsarea descărcătorului atunci cînd tensiunea aplicată este mare, valoarea rezistenței neliniare este mică, permițînd scurgerea rapidă a curentului de descărcare. Cînd descărcarea s-a terminat, descărcătorul rămînînd sub tensiune la frecvența industrială a rețelei (de valoare mult mai mică decît supratensiunea) valoarea rezistenței neliniare crește mult, reducînd valoarea curentului de însoțire astfel încît la prima sa trecere prin zero se stinge.

Izolatorul de porțelan protejează eclatoarele și rezistențele variabile, care sînt higroscopice, împotriva agenților atmosferici. Acesta realizează o etanșeitate în interiorul său, menținînd o atmosferă uscată cu ajutorul unor substanțe higroscopice (silicagel). Unele descărcătoare conțin azot la presiunea atmosferică. La capete, izolatorul

este prevăzut cu capace și garnituri de etanșare. La partea superioară este prevăzut cu un capac și o bornă de racord, iar la partea inferioară — cu un soclu izolat față de suportul metalic de montare prin izolatoare, care permit legarea la pămînt a descărcătorului prin intermediul unui contor pentru înregistrarea numărului de funcționări.

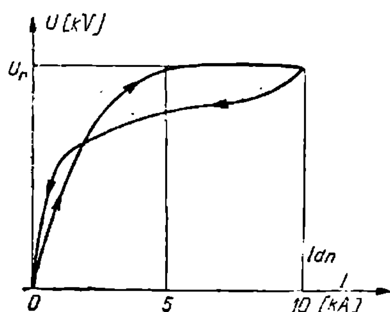


Fig. 3.7.9. Caracteristica volt-amper a unui disc de carborund: U_r — tensiunea reziduală; I_{dn} — curentul nominal de descărcare.

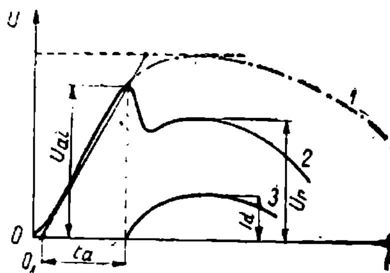
Descărcătoarele moderne sînt prevăzute cu supape de siguranță pentru evitarea exploziei violente a carcasei în cazul unui scurtcircuit interior.

Funcționarea *descărcătorului cu rezistențe de șuntare* are loc la apariția unei supratensiuni care depășește nivelul de protecție asigurat de descărcător. Spațiul disruptiv al coloanei de eclatoare este străpuns (descărcătorul amorsează) și curentul de descărcare este condus spre pămînt, limitîndu-se supratensiunea în instalație. Peste curentul de descărcare se suprapune curentul de însoțire determinat de tensiunea de frecvență industrială a rețelei.

După trecerea curentului de descărcare, curentul de însoțire este stins de eclatoare la prima sa trecere prin zero, fig. 3.7.10.

Descărcătoarele cu suflaj magnetic. Descărcătoarele cu suflaj magnetic se folosesc în rețelele electrice unde se impune ca descărcătoarele să reziste la unde lungi de supratensiune (supratensiuni de

Fig. 3.7.10. Funcționarea descărcătorului cu rezistență variabilă:
1 — tensiunea de impuls la bornele DRV fără amorsare DRV; 2 — tensiunea de impuls pe DRV după amorsarea DRV; 3 — curentul de impuls (de descărcare) prin DRV;
U_{ai} — tensiunea de amorsare la impuls; U_r — tensiunea reziduală; I_d — curentul de descărcare; t_a — durata pînă la amorsare.



comutație), caz în care limitarea curentului numai prin rezistența nelineare nu mai este posibil. Aceste descărcătoare se deosebesc de descărcătoarele clasice prin faptul că fiecare coloană de eclatoare are la cele două capete cîte o bobină de suflaj în paralel cu cîte o rezistență nelineară, fig. 3.7.11.

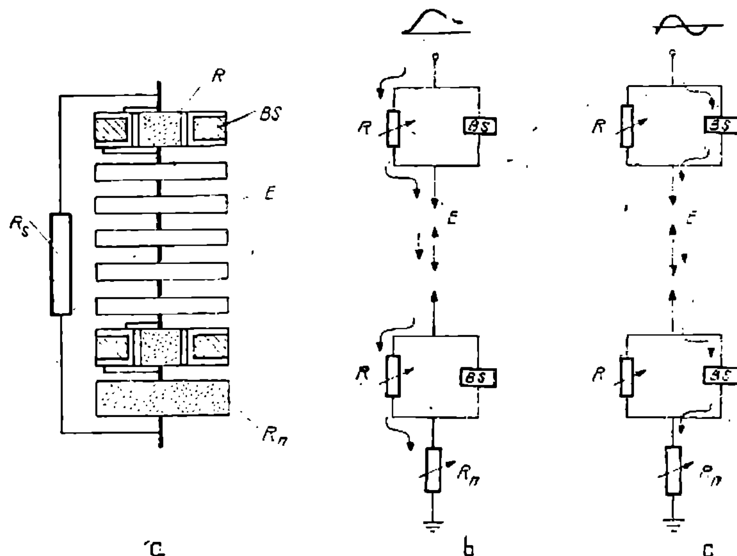


Fig. 3.7.11. Descărcător cu rezistență variabilă cu suflaj magnetic :

a — schița constructivă ; b, c — schema electrică echivalentă ; (b — scurgerea curentului de impuls prin descărcător ; c — scurgerea curentului de însoțire prin descărcător).
E — eclatoare ; R — rezistența variabilă ; BS — bobină de suflaj ; R_n — coloană principală de rezistențe variabile ; R_s — rezistența de șuntare.

Funcționarea *descărcătorului cu suflaj magnetic* se produce la apariția unei unde de supratensiune. În acest fel descărcătorul amorsînd, curentul de descărcare trece numai prin rezistențele nelineare, care avînd valori mici șuntează practic și bobinele de suflaj, fig. 3.7.11. În timpul scurgerii curentului de impuls, treptat, o dată cu scăderea valorii, curentul va trece și prin bobinele de suflaj, pînă cînd — ca urmare a creșterii rezistenței discurilor cu rezistență nelineară — practic tot curentul de însoțire va trece numai prin bobinele de suflaj. În acest moment se formează un puternic cîmp magnetic care întinde arcul din spațiile disruptive ale eclatoarelor, subțiindu-l și răcindu-l, întrerupînd astfel curentul de însoțire practic înaintea trecerii lui prin zero.

În instalațiile electrice există o mare varietate de descărcătoare cu rezistență variabilă, acestea deosebindu-se după tip, varianta constructivă și tensiunea nominală.

În tabelul 3.7.2 sînt prezentate cele mai uzuale descărcătoare cu rezistență variabilă întîlnite în rețelele electrice, împreună cu carac-

Tabelul 3.7.2

Caracteristicile descărcătoarelor cu rezistență variabilă utilizate în sistemul energetic național

Tipul și tensiunea nominală	Țara producătoare	Tensiunea maximă admisă pe descărcător [kV_{ef}]	Tensiunea de amorsare la frecvența industrială [kV_{ef}]	Tensiunea de amorsare 100% la impuls de tensiune de trăsnet [kV_{max}]	Tensiunea de amorsare la impuls de comutație [kV_{max}]	Curentul nominal de descărcare [kA_{max}]	Tensiunea reziduală la curent nominal de descărcare [kV_{max}]	Limitele curentului de conductivitate [A]	Tensiunea de încercare c.c.	Tensiunea de încercare c.a.	Numărul de elemente componente
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DRVS-6	R.S.R.	7,2	16—18	22—33	—	5	27	400—580	6	—	—
DRVS-10	R.S.R.	12	26—30,5	36—50	—	5	43	400—580	10	—	—
DRVS-15	R.S.R.	17,5	38—48	53—69	—	5	65	400—580	16	—	—
DRVS-20	R.S.R.	24	48—60	67—85	—	5	87	400—580	20	—	—
DRVS-25	R.S.R.	29	58—72	81—99	—	5	—	—	—	—	1×6+1×15
DRVS-30	R.S.R.	33	58—72	81—120	—	5	—	400—580	24	—	—
DRVS-35	R.S.R.	42	76—96	107—138	—	5	151	—	—	—	2×15
DRVS-110	R.S.R.	100	232—288	274—340	—	5	—	—	—	—	4×30
RVS-6	U.R.S.S.	7,6	16—19	22—35	—	10	30	400—620	6	—	—
RVS-10	U.R.S.S.	12,7	25—30,5	35—50	—	10	50	400—620	10	—	—
RVS-15	U.R.S.S.	17,5	38—48	53—70	—	10	67	400—620	16	—	—
RVS-20	U.R.S.S.	25	49—60,5	63—85	—	10	88	400—620	24	—	
RVS-33	U.R.S.S.	40,5	66—84	98—112	—	10	143	400—620	32	—	—
RVS-35	U.R.S.S.	40,5	78—98	100—125	—	10	143	400—620	32	—	—
RVS-60	U.R.S.S.	81	134—169	170—215	—	10	—	—	—	—	2×32
RVS-110	U.R.S.S.	100	200—250	220—285	—	10	—	—	—	—	3×33
RVS-220	U.R.S.S.	200	400—500	410—530	—	10	—	—	—	—	6×33
RVM-6	U.R.S.S.	7,6	15—18	12—15	—	10	20	450—650	9	—	—
RVM-10	U.R.S.S.	12,7	24—30	20—25,5	—	10	33	450—650	13,5	—	—
RVM-15	U.R.S.S.	17,5	35—43	46—57	—	10	65	450—650	18	—	—
RVM-20	U.R.S.S.	25	47—55	60—74	—	10	74	450—650	24	—	—
RVM-35	U.R.S.S.	40,5	75—90	93—116	—	10	116	—	—	—	3×30
[illegible]	U.R.S.S.	33	50—73	68—85	—	10	—	900—1 300	30	—	—

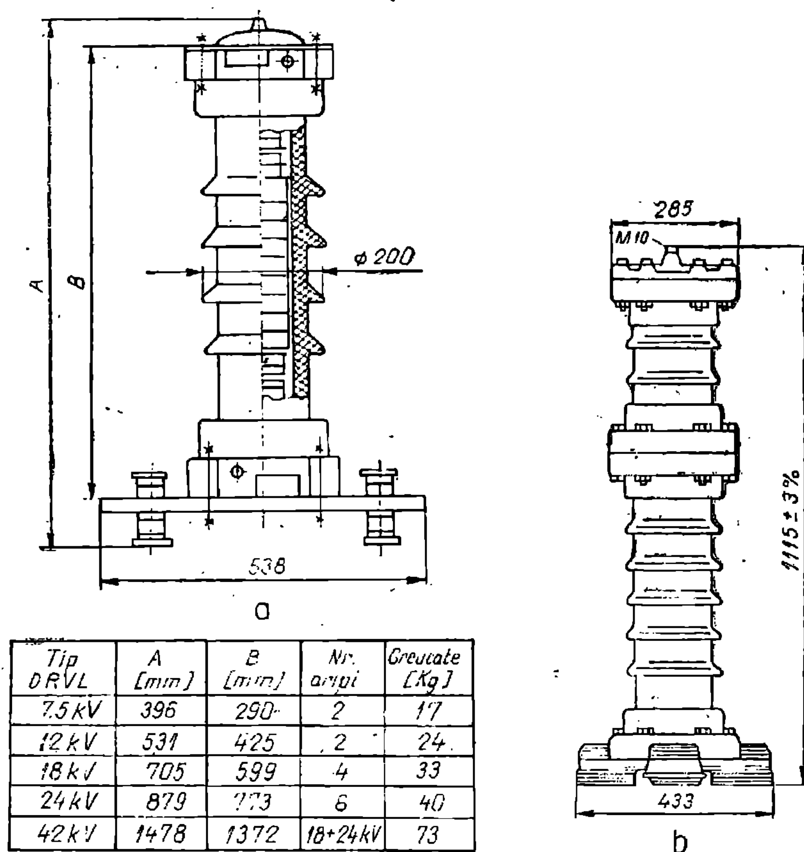
[illegible]	U.R.S.S.	200	340—380	380—515	[illegible]	10	570	[illegible]	[illegible]	[illegible]	6×30
RVP-6	U.R.S.S.	7,6	16—19	22—35	—	5	16	610	6	—	—
RVP-10	U.R.S.S.	12,7	25—30	35—50	—	5	50	610	10	—	—
GZ-6	R.P.P.	6	11—14	17—21	—	5	24	62	4	—	—
GZ-10	R.P.P.	10	18—22	27—23,5	—	5	33	62	6,6	—	—
GZ-12	R.P.P.	12	22—28	33—41,5	—	5	41,5	62	8	—	—
GZ-25	R.P.P.	25	46—58	65—82	—	5	82	62	16,7	—	—
GZ-30	R.P.P.	30	55—69	80—100	—	5	—	62	20	—	—
GZa-6	R.P.P.	6	10—13	17—21	—	5	26	62	4	—	—
GZa-10	R.P.P.	10	16,5—21	27—34	—	5	—	62	6,6	—	—
GZa-12	R.P.P.	12	20—25	33—41	—	5	41	62	8	—	—
GZa-18	R.P.P.	18	30—38	49—61	—	5	61	62	12	—	—
GZa-25	R.P.P.	25	40—50	68—85	—	5	85	62	16,7	—	—
GZa-30	R.P.P.	30	48—60	82—102	—	5	—	62	20	—	—
GZa-37	R.P.P.	37	69—96	98—121	—	5	—	62	24,7	—	—
GZs-18	R.P.P.	18	36—45	51—58	—	10	—	50—425	—	18	—
GZs-40	R.P.P.	40	80—100	110—125	—	10	—	50—425	—	40	—
GZs-97	R.P.P.	97	200—250	220—285	—	10	330	—	—	—	1×18+2×40
GZSa-18	R.P.P.	18	32,5—41	49—56	—	10	—	50—425	—	18	—
GZSa-40	R.P.P.	40	72—95	107—122	—	10	—	40—425	—	40	—
GZSa-97	R.P.P.	97	175—220	210—272	—	10	—	—	—	—	1×18+2×40
VA-7,5	R.D.G.	7,5	12,5	25	—	5	25	50	—	7,5	—
VA-12	R.D.G.	12	20—25	40	—	5	40	50	—	12	—
VA-18	R.D.G.	18	30	60	—	5	60	50	—	18	—
VA-24	R.D.G.	24	40—50	60—80	—	10	80	50	—	24	—
VA-48	R.D.G.	48	75—95	105—130	—	10	—	70—650	—	48	—
VA-60	R.D.G.	60	95—120	128—160	—	10	—	70—650	—	60	—
VA-72,5	R.D.G.	72,5	115—145	144—180	—	10	205	70—650	—	72,5	—
VA-100	R.D.G.	100	160—200	210—270	—	10	285	—	—	—	1×48+1×60
VA-200	R.D.G.	200	320	525	—	10	540	—	—	—	—
XAE-75	Suedia	75	112—140	130—179	—	10	—	1 000—2 000	—	75	—
XAE-120	Suedia	120	180—230	200—285	—	10	—	1 000—2 000	—	120	—
XAE-195	Suedia	195	310—390	350—470	500	10	460	—	—	—	1×75+1× ×120
XAE-360	Suedia	360	575—720	650—865	815	10	865	—	—	—	3×120
XAL-90	Suedia	90	120—150	150—210	—	10	—	700—2 500	—	90	—
XAL-96	Suedia	96	130—165	160—220	—	10	—	700—2 500	—	96	—
XAL-120	Suedia	120	162—210	200—275	—	10	—	700—2 500	—	120	—

Tabelul 3.7.2 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
XAL-192	Suedia	192	260—330	330—450	460	10	500	—	—	—	2×96
XAL-210	Suedia	210	285—360	360—485	500	10	550	—	—	—	1×90+1××120
XAL-360	Suedia	360	485—610	620—830	810	10	815	—	—	—	3×120
XAL-390	Suedia	390	525	895	885	10	880	—	—	—	3×90+1××120
XAD-37	Suedia	37	59—74	75—100	—	10	—	200—400	—	37	—
XAD-42	Suedia	42	69—87	80—101	—	10	—	250—1 500	—	42	—
XAD-57	Suedia	57	85—107	90—120	—	10	—	150—300	—	57	—
XAD-60	Suedia	60	96—121	115—156	—	10	—	250—1 500	—	60	—
XAD-73	Suedia	73	117—148	140—190	—	10	—	250—1 500	—	73	—
XAD-104	Suedia	104	170—215	170—270	—	10	—	—	—	—	1×42+1×60
XAD-199	Suedia	199	315—395	390—520	—	10	—	—	—	—	1×73+2××160
XAD-210	Suedia	210	335—420	400—545	—	10	—	—	—	—	—
XCA-6	Suedia	6	9,5—12	19—26	—	5	20	100	—	6	—
XCA-10	Suedia	10	16—20	30—40	—	5	32	100	—	10	—
XCA-12	Suedia	12	19—24	35—47	—	5	40	100	—	12	—
XCA-18	Suedia	18	29—37	51—68	—	5	60	100	—	18	—
XCA-24	Suedia	24	38—48	65—90	—	5	80	100	—	24	—
XCD-7,5	Suedia	7,5	12,5—15	10—26	—	5	—	100	—	7,5	—
XCD-12	Suedia	12	20—25	30—40	—	5	—	100	—	12	—
XCD-18	Suedia	18	30—37	45—60	—	5	—	100	—	18	—
XCD-24	Suedia	24	40—50	60—80	—	5	—	100	—	24	—
HKNF-57	Elveţia	57	85	120	—	5	110	200	—	38	—
HKH-104	Elveţia	104	206	260	—	5	250	200	—	69	—
XAA-665	Suedia	66	106	172	—	5	—	400	—	66	—
DRVL-7,5	R.S.R.	7,5	13—17	27	—	5	27	10	6	—	—
DRVL-12	R.S.R.	12	21—29	43	—	5	43	300—500	10	—	—
DRVL-18	R.S.R.	18	32—44	65	—	5	65	300—500	15	—	—
DRVL-24	R.S.R.	24	42—53	87	—	5	87	300—500	20	—	—
DRVL-42	R.S.R.	42	73—92,5	151	—	5	151	—	—	—	1×18+1×24

teristicile lor principale, iar în fig. 3.7.12 sînt reprezentate exemple de astfel de descărcătoare.

În general un descărcător pentru tensiuni înalte (110...400 kV) este compus din mai multe elemente suprapuse, cu tensiuni nominale mai mici.



Tip DRVL	A [mm]	B [mm]	Nr. aripi	Greutate [Kg]
7,5 kV	396	290	2	17
12 kV	531	425	2	24
18 kV	705	599	4	33
24 kV	879	773	6	40
42 kV	1478	1372	18+24 kV	73

Fig. 3.7.12. Descărcătoare cu rezistenţă variabilă :
a — descărcător tip DRVL ; *b* — descărcător tip VA 100

Înregistrarea numărului de funcţionări ale descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă, pentru urmărirea lor în exploatare, se face cu un contor montat pe legătura la pămînt a descărcătorului la o înălţime uşor accesibilă personalului de exploatare pentru a fi citit. Contoarele

pot fi de mai multe tipuri, și anume : cu impedanță mare, cu numărător pentru înregistrarea numărului de funcționări sau cu eclator martor la care se numără urmele lăsate la fiecare funcționare a descărcătorului.

În fig. 3.7.13 este reprezentat contorul CDRV produs în țară, cel mai des utilizat în instalațiile electrice de 6—220 kV. Se prezintă

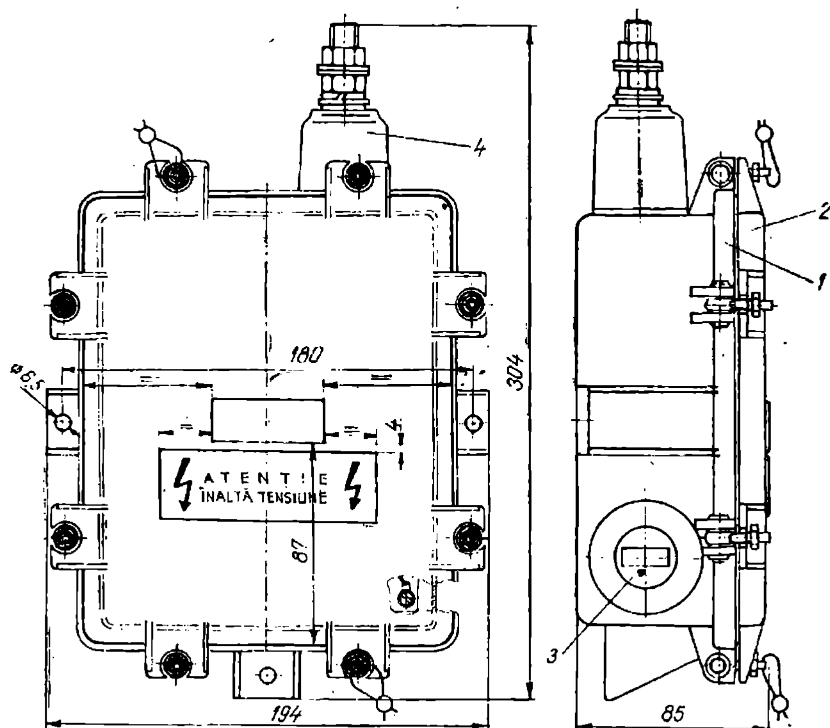


Fig. 3.7.13. Contor tip CDRV :
1 — corpul cutiei ; 2 — capac ; 3 — contor telefonic ; 4 — etichetă avertizare ; 5 — izolator.

sub forma unei carcase etanșe, dintr-un set de eclatoare prevăzut cu o pastilă cu rezistența nelineară, două condensatoare, unul pentru distribuirea uniformă a tensiunilor și unul pentru înmagazinarea energiei impulsului ce străbate descărcătorul, un numărător telefonic care înregistrează fiecare amorsare.

3.7.3. EXPLOATARE. PRINCIPALELE DEFECȚIUNI ȘI REMEDIEREA LOR

La preluarea în exploatare a mijloacelor de protecție contra supratensiunilor se vor verifica următoarele condiții generale:

— respectarea proiectului de execuție și a condițiilor suplimentare stabilite de organele de avizare a documentației;

— asigurarea prin montaj a condițiilor de înlocuire a echipamentelor, fără scoatere din funcționare a restului instalației;

— asigurarea condițiilor normale de acces nepericuloase;

— dacă se impun restricții speciale în ceea ce privește exploatarea echipamentelor și dacă sînt condiții pentru respectarea acestor restricții;

— existența buletinelor de încercare privind valoarea măsurată a rezistenței prizei de pămînt.

La preluarea în exploatare, personalul de exploatare va verifica de asemenea și respectarea condițiilor specifice menționate în cele ce urmează pentru fiecare mijloc de protecție.

Paratrăsnete verticale

— în cazul în care tija metalică a paratrăsnetului este compusă din mai multe părți, îmbinările lor trebuie făcute prin sudură, iar porțiunile sudate se vopsesc pe o lățime de cca 200 mm cu miniu de plumb și apoi cu bronz aluminiu;

— evitarea montării paratrăsnetelor pe riglele stațiilor electrice în imediata apropiere a transformatoarelor de forță;

— fixarea paratrăsnetelor pe clădiri se va face cu bride sau suporturi care se încastrează solid cu mortar de ciment;

— fixarea tijelor pe stîlpii de lemn sau beton trebuie făcută cu brățări din bandă de oțel, care se string pe stîlpi cu șuruburi;

— legarea paratrăsnetelor la pămînt trebuie făcută cu un conductor special, de regulă bandă de oțel de 30×4 mm^2, sau funie de oțel de 50 mm^2 și numai prin îmbinări sudate;

— legarea la pămînt a paratrăsnetelor montate pe stîlpii de beton armat se face prin armătura stîlpului, prin sudură cu lungimea cusăturii de minimum 100 mm;

— legarea la pămînt a paratrăsnetelor montate pe stîlpi de metal se face prin însăși construcția stîlpului dacă aceasta este executată prin sudură, iar la îmbinările dintre tronsoane — dacă acestea nu sînt realizate prin sudură — se vor face punți sudate din bandă de oțel de 30×4 mm^2, astfel încît să se realizeze o legătură continuă cu îmbinările sudate.

Paratrăsnetele orizontale se întîlnesc mai rar în stațiile electrice. Acolo unde există, se vor respecta în general aceleași condiții ca și în cazul paratrăsnetelor verticale.

În cazul conductoarelor de protecție ale liniilor electrice aeriene se vor respecta prevederile normativului MEE—PE 127.

Descărcătoare cu coarne

— mărimea spațiului disruptiv să corespundă cu valorile indicate în tabelul 3.7.1.

— izolatoarele să fie în perfectă stare (fără spărturi, fisuri);

— pe verticală, pînă la înălțimea de 1 m deasupra eclatoarelor să nu existe nici un obstacol care să impiedice dezvoltarea arcului electric;

— eclatorul să fie vopsit cu vopsea albă pentru a putea urmări funcționarea lui;

— coborîrea la priza de pămînt și legăturile electrice la conductoarele active să fie în perfectă stare;

— izolatoarele suport ale descărcătoarelor cu coarne aflate în zone poluate să fie tratate similar cu izolația instalației protejate.

Descărcătoarele cu rezistență variabilă

Încă din faza de montaj a descărcătoarelor cu rezistență variabilă se va avea în vedere:

— ambalarea în lăzi din lemn în stelaje paralelipipedice care să nu permită joc al descărcătorului;

— depozitarea în poziție verticală și ferirea de șocuri în timpul transportului;

— prevederea în mod obligatoriu la descărcătoarele montate în stațiile electrice a contoarelor montate pe legătura la pămînt. Înălțimea de montaj a contoarelor față de sol nu va fi mai mare de 1,7 m.

La preluarea în exploatare se vor verifica următoarele:

— suprafața carcasei de porțelan să nu prezinte fisuri sau spargeri;

— suprafața cimentului de armare a flanșelor pe carcasa de porțelan să fie curată, netedă, fără găuriri sau crăpături;

— la scuturarea ușoară a descărcătorului să nu se audă zgomote în interior;

— elementele componente ale unei faze să aibă aceeași serie de fabricație. Montarea elementelor de același tip constructiv dar de serii diferite este admisă numai în cazuri deosebite (cînd un element este distrus sau nereparabil în condițiile unor valori foarte apropiate ale curenților de conductivitate, comparativ cu celelalte elemente ale fazei descărcătorului;

— poziția elementelor pe fază conform indicațiilor furnizorului de aparataj;

— existența armăturilor de protecție la descărcătoarele cu tensiuni nominale egale sau mai mari de 110 kV;

— existența în stare de funcționare a contorului pentru înregistrarea numărului de funcționări a descărcătorului (dacă este deblocat și dacă contorizează la impulsurile de curent de probă recomandate de furnizorul de aparataj);

— dacă distanța pe calea de curent dintre borna descărcătorului și borna elementului protejat este mai mică sau cel mult egală cu lungimea de calcul a zonei de protecție a descărcătorului.

La descărcătoarele cu rezistență variabilă și la descărcătoarele cu coarne se va verifica existența buletinelor de încercare, care trebuie să cuprindă următoarele verificări conform normativului MEE—PE 116:

— pentru descărcătoarele cu rezistență variabilă: valoarea curentului de conductivitate, valoarea tensiunii de amorsare la frecvența industrială, valoarea tensiunii de amorsare 100% la impuls;

— pentru descărcătoarele cu coarne: încercarea cu tensiune alternativă mărită între armături, distanța spațiului disruptiv.

Exploatarea aparatelor de protecție contra supratensiunilor constă în:

Paratrăsnete

— verificarea vizuală a îmbinărilor sudate ale tijei și a legăturii la pămînt;

— verificarea rezistenței prizei de pămînt.

Descărcătoare cu coarne

— verificarea stării izolatoarelor care nu trebuie să prezinte fisuri;

— urmărirea stării legăturilor la conductoarele active și de legare la pămînt;

— verificarea poziției electrozilor care trebuie să fie în același plan.

Descărcătoare cu rezistență variabilă

— urmărirea stării carcasei de porțelan, care trebuie să fie întreagă și fără fisuri;

— existența urmelor de arc electric pe carcasa de porțelan;

— verificarea gradului de murdărire a carcasei de porțelan;

— verificarea cimentului de armare a flanșelor la carcasa de porțelan;

— existența în bună stare a conductoarelor de legare a descărcătoarelor la instalații;

— verificarea stării contoarelor pentru înregistrarea funcționării;

— urmărirea integrității platbandei de legare la pămînt a descărcătorului;

— urmărirea numărului admisibil de funcționări al descărcătorului prin citirea contorului respectiv. Dacă descărcătorul a realizat numărul admisibil de funcționări, se demontează și se supune la verificări profilactice.

Defecţiuni şi remedieri în exploatare

	Defecţiunea constatată	Modul de remediere şi de acţionare al personalului de exploatare
Paratrăsnete	— Ruperea tijei de captare	— Se anunţă treapta operativă cu autoritate de decizie. Se înlocuieşte tija.
	— Întreruperea legăturii la pămînt	— Se anunţă treapta operativă cu autoritate de decizie Refacerea legăturii prin sudură (eventual înlocuirea porţiunii deteriorate)
Descărcătoare cu coarne	— Detoriorarea electrozilor prizei de pămînt	— Înlocuirea electrozilor deterioraţi
	— Spargerea izolatoarelor	— Se anunţă treapta operativă cu autoritate de decizie Se înlocuiesc izolatoarele
	— Deteriorarea electrozilor din diverse cauze (mecanice, termice)	— Înlocuirea electrozilor
	— Dereglarea spaţiului disruptiv	— Reglarea conform tabelului 3.7.1
	— Întreruperea legăturilor la reţea sau la priza de pămînt	— Refacerea legăturilor deteriorate
Descărcătoare cu rezistenţă variabilă	— Dereglări ale spaţiilor dintre eclatoare	— Se anunţă treapta operativă cu autoritate de decizii. Demontarea DRV defect. Recondiţionarea DRV defect
	— Fisurarea carcasei	— Înlocuirea DRV defect cu un DRV încercat corespunzător
	— Întreruperea legăturilor la reţea sau la pămînt	— Refacerea legăturilor deteriorate
	— Deplasarea armăturii de protecţie	— Aducerea armăturii la poziţia prevăzută de furnizor
	— Deteriorarea glazurii	— Acoperirea cu electropastă a suprafeţei deteriorate
	— Poluarea intensă a carcasei	— Tratarea carcasei cu unsoare siliconică, ştergerea carcasei

Principalele defecțiuni și remedierea lor. În timpul exploatării aparatelor de protecții împotriva supratensiunilor pot apare deteriorări datorită funcționării, datorită unor defecte de fabricație sau datorită uzurii după un număr de funcționări.

Orice funcționare anormală sau defecțiunile apărute se vor anunța imediat treptei operative cu autoritate de decizie, notindu-se cele constatate în registrul operativ.

Principalele defecțiuni care pot să apară la aparatele de protecție împotriva supratensiunilor sînt prezentate centralizat în tabelul 3.7.3.

3.7.4. ÎNTREȚINERE, ÎNCERCĂRI ȘI MĂSURĂTORI ÎN EXPLOATARE

Revizia tehnică (RT) a aparatelor de protecții împotriva supratensiunilor cuprinde ansamblul de operații executate periodic pentru verificarea, curățirea, ungerea, înlocuirea unor piese uzate și eliminarea unor defecțiuni care impun lucrări de mică amploare, avînd și scopul de a constata starea tehnică a instalațiilor înainte de executarea reparației planificate.

Revizia tehnică se execută pe locul de lucru al aparatului respectiv, de către echipe specializate.

Conținutul orientativ al lucrărilor de revizii tehnice este prezentat în cele ce urmează:

Descărcătoare cu coarne

— verificarea aspectului exterior;

— curățirea și stringerea contactelor electrice și la coborirea la priza de pămînt;

— verificarea prin măsurare a spațiului disruptiv și reglarea lui;

— corecturi de vopsitorie;

— măsurarea rezistenței de dispersie a prizei de pămînt.

Descărcătoare cu rezistență variabilă

— curățirea izolației;

— verificarea aspectului exterior și a rezistenței de dispersie a prizei de pămînt;

— verificarea legăturii la pămînt;

— verificarea şi recondiţionarea contorului pentru înregistrarea funcţionării descărcătorului ;

— corecturi de vopsitorie ;

— încercări cu măsurători profilactice, şi anume : măsurarea rezistenţei de izolaţie, măsurarea curentului de conductivitate, măsurarea tensiunii de amorsare la frecvenţă industrială, măsurarea tensiunii de amorsare la impuls.

În general, rezultatele măsurătorilor profilactice de mai sus scot în evidenţă următoarele :

— valori mari ale curentului de conductivitate peste limita maximă indică pătrunderea umezelii în descărcător sau scurtcircuitarea unor elemente din rezistenţele de şuntare ;

— valori mici ale curentului de conductivitate sub limita minimă indică întreruperea circuitului rezistenţelor de şuntare ;

— reducerea tensiunii de amorsare la frecvenţă industrială sub limitele admise indică existenţa punţilor conductoare care şuntează eclatoarele ca urmare a pătrunderii umezelii în descărcător, umezirea neuniformă a rezistenţelor de şuntare care neuniformizează repartiţia tensiunii pe eclatoare, fisuri în rezistenţele de şuntare care conduc la distribuţia neuniformă a tensiunii pe eclatoare ;

— valori mari ale tensiunii de amorsare, la frecvenţa industrială, peste limitele admise indică o dimensionare necorespunzătoare a eclatoarelor, întreruperea rezistenţelor de şuntare.

Costul lucrărilor de revizii tehnice la descărcătoare nu va depăşi 5% din valoarea de înlocuire a fondului fix respectiv.

Periodicitatea lucrărilor de revizii tehnice care se execută la descărcătoare este de un an la descărcătoarele de 220 şi 400 kV şi trei ani la descărcătoarele de 110 kV şi medie tensiune.

Reparaţia curentă (RC) a aparatelor de protecţie împotriva supratensiunilor cuprinde ansamblul de operaţii prin care se urmăreşte aducerea la parametrii proiectaţi a tuturor părţilor componente, remediindu-se toate defecţiunile constatate în timpul exploatării, pentru asigurarea funcţionării în condiţii de siguranţă.

Conţinutul orientativ al lucrărilor de reparaţii curente este prezentat în cele ce urmează :

Descărcătoare cu coarne

— lucrările prevăzute la revizia tehnică.

Descărcătoare cu rezistenţă variabilă

— lucrările prevăzute la revizia tehnică ;

— înlocuirea pieselor defecte, demontarea parţială sau totală a subansamblurilor defecte şi înlocuirea lor cu altele noi sau reparate ;

— vopsirea construcţiei metalice ;

— încercări și măsurători profilactice indicate la lucrările de revizie tehnică. În cazul în care s-au făcut intervenții la elementele componente interioare descărcătorului, se va executa și verificarea etanșeității.

Pentru descărcătoare sînt prevăzute în normativ numai lucrări de reparații curente de gradul II. Valoarea acestor lucrări nu trebuie să depășească 10% din valoarea de înlocuire a descărcătorului respectiv.

Periodicitatea lucrărilor de reparații curente este de 4—6 ani. În normativ nu sînt prevăzute lucrări de reparații capitale (RK) la descărcătoare.

La instalațiile de paratrăsnete nu sînt prevăzute, de regulă, a se executa lucrări de revizii și reparații.

Executarea reparațiilor și a recondiționărilor la descărcătoarele cu rezistență variabilă se realizează în ateliere sau standuri special amenajate.

Pentru verificarea calității reparației sînt necesare următoarele instalații de încercări:

— instalația de măsurare a curentului de conductivitate;

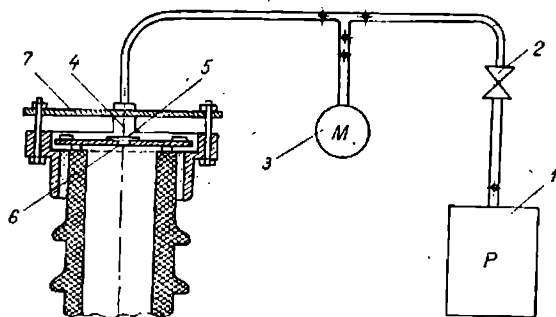


Fig. 3.7.14. Schema instalației pentru verificarea etanșeității descărcătoarelor cu rezistență variabilă:

1 — pompă de vid P; 2 — robinet; 3 — manometru M; 4 — ventuză; 5 — garnitură de cauciuc; 6 — orificiul în capacul descărcătorului; 7 — placă metalică pentru presarea ventuzei pe capacul descărcătorului.

— instalația de verificat tensiunea de amorsare la frecvență industrială;

— instalația de verificat tensiunea de amorsare la 100% impuls;

— instalația de verificat etanșeitatea după reparație.

În fig. 3.7.14 este reprezentată schema unei instalații pentru verificarea etanșeității descărcătoarelor. Aceasta funcționează astfel: cu

ajutorul pompei *1* se face vid în descărcător pînă cînd presiunea ajunge la 300–400 mm Hg. Se separă pompa *1* de descărcător prin robinetul *2*, lăsîndu-se un timp de 1 oră pentru terminarea eventualelor degajări de gaze din elementele active. Dacă este necesar, se readuce din nou presiunea la 300–400 mm Hg, după care dacă timp de 1 oră presiunea din interiorul descărcătorului nu crește cu mai mult de 0,5 mm Hg, acesta se consideră etanș.

3.8. ELEMENTE CONDUCTOARE DE CURENT

3.8.1. CONSIDERAȚII GENERALE

Elementele conductoare de curent ale instalațiilor și echipamentului, înfășurările mașinilor, transformatoarelor și aparatelor electrice, contactele aparatelor de conectare și de protecție sînt construite din materiale conductoare solide (metale și aliaje).

Se știe că, la trecerea unui curent printr-un conductor, acesta se încălzește datorită efectului termic al curentului. Energia electrică transformată în căldură la trecerea curentului prin părțile conductoare de curent ale instalațiilor și echipamentului electric reprezintă o pierdere și poate determina îmbătrînirea și distrugerea izolației și chiar a conductoarelor. Căldura dezvoltată prin efect Joule fiind proporțională cu rezistența conductoarelor, este de dorit ca aceasta să fie cît mai mică, deci conductoarele să aibă o conductivitate cît mai mare. Din această cauză, în construcția părților conductoare de curent ale instalațiilor și echipamentului se folosesc cupru, aluminiu, zinc, oțel, argint, plumb.

3.8.2. CLASIFICAREA ELEMENTELOR CONDUCTOARE DE CURENT

În instalațiile electrice ale stațiilor și posturilor de transformare se folosesc drept elemente conductoare de curent barele, conductoarele și cablurile.

Barele colectoare realizează legătura dintre liniile de sosire și de plecare ale instalațiilor de distribuție iar barele de derivație realizează

legătura dintre barele colectoare și aparatele instalate în diferite celule. De asemenea, se folosesc bare pentru legarea la pămînt a instalațiilor.

Conductoarele multifilare neizolate se folosesc drept bare colectoare și de derivație, în stațiile exterioare. Pentru micșorarea pierderilor prin efect coroana (descărcări electrice sub formă de efluvii), care sînt cu atît mai mari cu cît diametrul conductorului este mai mic, în instalațiile cu tensiuni mai mari decît 220 kV se folosesc conductoare flexibile tubulare (goale în interior).

Cablurile se folosesc pentru legarea la bare a transformatoarelor, a consumatorilor alimentați prin linii subterane și uneori chiar aeriene, a motoarelor electrice ale serviciilor interne etc.

Secțiunile părților conductoare de curent ale instalațiilor se aleg în așa fel încît ele să fie suficiente atît în condițiile corespunzătoare regimului normal de funcționare, cît și în condiții de scurtcircuit.

În condiții normale de funcționare, căldura dezvoltată prin trecerea curentului nu trebuie să determine încălzirea părților conductoare de curent pînă la temperaturi mai mari decît temperaturile maxime admisibile de lungă durată ale acestora. Pentru secțiunile standardizate ale barelor, conductoarelor și cablurilor, sînt întocmite tabele conținînd curenți admisibili în regim normal de lungă durată. Aceste tabele sînt întocmite în anumite ipoteze în ce privește temperatura aerului înconjurător și condițiile de instalare (poziția barelor, numărul de cabluri pozate în același canal etc.). În cazul cînd condițiile reale diferă de cele considerate la întocmirea tabelelor, valorile indicate în tabel trebuie înmulțite cu coeficienți de corecție corespunzători. Tot în funcție de curentul de lungă durată, secțiunea elementelor conductoare de curent poate fi determinată pe baza densității de curent economice (indicată în tabele).

În condiții de scurtcircuit, elementele conductoare de curent trebuie să fie stabilite din punct de vedere termic și dinamic.

Verificarea stabilității termice constă în calcularea temperaturii la care se încălzește elementul conducător de curent, datorită trecerii prin el a curentului de scurtcircuit. Această temperatură nu trebuie să depășească limitele maxime admisibile pentru scurt timp, deoarece în caz contrar izolația, elementele de îmbinare și de fixare și chiar elementul conductor de curent propriu-zis se pot deteriora. Pe baza acestui calcul se verifică secțiunea barelor și cablurilor.

Verificarea stabilității dinamice a barelor constă în calcularea rezistenței mecanice a acestora și a izolatoarelor lor de susținere sub acțiunea forțelor electrodinamice care apar datorită trecerii prin bare a curenților de scurtcircuit. Pe baza acestui calcul se determină dispoziția barelor și distanța dintre izolatoarele suport ale acestora.

3.8.3. BARE COLECTOARE

Barele colectoare reprezintă în circuitele primare ale stațiilor și posturilor de transformare calea de curent care primește și distribuie energia în diferite circuite ale instalației, constituind partea din circuitul primar prin care se leagă între ele diferitele echipamente.

Din punct de vedere al execuției, barele colectoare pot fi : rigide, flexibile și capsulate, iar după locul de montaj : de interior sau de exterior.

Barele colectoare pot fi formate din unul sau mai multe sisteme de bare, fiecare sistem putînd fi format din una sau mai multe secții.

Se numește sistem de bare ansamblul trifazat al conductoarelor unei instalații la care se leagă, prin aparate de conectare, circuitele ce se întîlnesc în instalația respectivă.

Se numește secție de bare o porțiune dintr-un sistem de bare colectoare care poate funcționa separat, dar întotdeauna legat prin aparate de conectare (cuplă) la sistemul de bare colectoare.

Barele colectoare trebuie prevăzute cu inscripții clare și vizibile care să indice : denumirea fazei, sistemului de bare, secției de bare.

Denumirea fazei va fi indicată prin literele R, S, T, respectiv culorile roșu, galben, albastru. Marcarea sistemelor de bare se va face cu cifre arabe, iar cea a secțiilor aceluiași sistem de bare, cu litere majuscule, Ordinea de marcare la exterior și interior se va face, de regulă, începînd de la calea de rulare a transformatoarelor principale, iar în interior — dinspre culoarul de deservire. Se va păstra aceeași ordine în întreaga instalație. La extinderi de instalații se vor păstra marcajele existente.

Barele colectoare și de derivație rigide se vopsesc pe tot traseul, mai puțin îmbinările și locurile de montare a scurtcircuitoarelor. Barele colectoare și de derivație flexibile vor fi marcate în punctele de fixare pe izolatoare și aparate.

Barele colectoare rigide vor fi prevăzute cu racorduri electrice pentru legături la bornele aparatelor și cu piese de dilatare pe traseu.

Îmbinările barelor colectoare se vor face numai prin sudură sau șuruburi, fiind interzisă lipirea.

Barele colectoare vor fi prevăzute cu cuțite de legare la pămînt (CLP) pe fiecare sistem și secție. Excepție pot face barele de medie și joasă tensiune, care în loc de CLP se pot pune la pămînt cu ajutorul scurtcircuitoarelor mobile. În acest scop ele vor fi prevăzute cu puncte accesibile marcate pentru montarea scurtcircuitoarelor. Legăturile la pămînt ale elementelor barelor colectoare se vopsesc cu culoare neagră, exceptînd îmbinările.

Distanțele între faze și între sistemele de bare vor fi alese conform normelor în vigoare. Izolația barelor colectoare se va alege în concordanță cu gradul de poluare al zonei.

Atît conductorul, cît și elementele de susținere și îmbinare a barelor colectoare vor fi verificate la solicitările mecanice și electrodinamice, atît la proiectare, cît și în exploatare, ori de cîte ori se schimbă condițiile de calcul. De asemenea, barele colectoare și elementele componente vor fi verificate la solicitări termice la proiectare și în exploatare cînd se schimbă condițiile de calcul (puteri de scurtcircuit, circulații de puteri).

Temperatura maximă de regim a barelor nu trebuie să depășească 70°C.

Barele colectoare vor fi prevăzute cu cleme și armături corespunzătoare materialului și secțiunii conductorului din care sînt confecționate.

La preluarea în exploatare a barelor colectoare se va urmări respectarea condițiilor de utilizare și se vor face următoarele verificări și probe :

— măsurarea rezistenței de izolație ;

— verificarea cu tensiune mărită ;

— verificarea continuității legăturilor la priza de pămînt a izolatoarelor suport și a ecranelor ;

— verificarea fazelor instalației ;

— verificarea distanțelor minime dintre elementele aflate sub tensiune a diferitelor faze, precum și pînă la construcțiile puse la masă ;

— măsurarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice și a capacității trecerilor izolate de 110 kV și mai mult, umplute cu ulei și a trecerilor izolate din materiale izolante organice ;

— verificarea continuității barelor ;

— verificarea existenței armăturilor de protecție la lanțurile 110, 220, 400 kV ;

— încercarea etanșeității barelor capsulate prin verificarea stării garniturilor. La barele colectoare capsulate se va verifica dacă sînt îndeplinite indicațiile furnizorului.

În exploatarea curentă a barelor colectoare se va urmări :

— încălzirea căilor de curent și în special a îmbinărilor dintre diferitele elemente ale barelor, dintre barele colectoare și cele de derivație, dintre barele de derivație și echipamente ;

— integritatea legăturilor la pămînt ale elementelor barelor colectoare ;

Tabelul 3.8.1

Principalele tipuri de defecţiuni la barele colectoare şi modul de remediere a acestora

Nr. crt.	Defecţiunea constatată	Modul de acţionare al personalului de exploatare
1	Încălzirea căilor de curent datorită depăşirii condiţiilor de calcul (supraîncărcarea, creşterea puterilor de scurtcircuit)	Schimbarea căilor de curent corespunzător noilor condiţii
2	Încălzirea îmbinărilor sau legăturilor la aparate	Desfacerea, curăţirea şi strîngerea acestora corespunzător
3	Întreruperea legăturilor la pămînt a elementelor barelor	Refacerea legăturii la pămînt
4	Ruperea sau fisurarea izolatoarelor, conturnări sau străpungeri	Înlocuirea izolatoarelor afectate
5	Ruperea conductorului barei, desfacerea sau ruperea firelor din conductorul funiei, ciupituri	Schimbarea conductorului afectat
6	Cleme şi îmbinări fisurate	Înlocuirea acestora
7	Cleme şi îmbinări slabe	Strîngerea acestora după o eventuală curăţire
8	Conductor funie corodat	Înlocuirea conductorului
9	Deteriorarea stratului de unsoare protectoare (în zone poluate) pe izolatoare	Refacerea stratului de unsoare protectoare, după curăţarea prealabilă a izolaţiei
10	Modificarea distanţelor de izolare sub limitele admise datorită unor alunecări a bridelor pe rigle	Readucerea la distanţele normate şi fixarea bridelor pe riglă prin coliere
11	Deteriorarea elementelor de susţinere a barelor (rigle, stîlpi, ancore)	Repararea sau înlocuirea acestora după caz
12	Scurtcircuit pe bare	Scoaterea barei de sub tensiune, curăţirea şi înlocuirea elementelor deteriorate
13	Incendii	Scoaterea barei de sub tensiune, stingerea incendiului, curăţirea şi înlocuirea elementelor deteriorate
14	Punere la pămînt pe bare	Scoaterea barei de sub tensiune, depistarea locului de punere la pămînt, înlocuirea elementului ce a dus la aceasta.

— integritatea izolatoarelor de susţinere şi de trecere, urme de conturnări-străpungeri;
— integritatea conductoarelor barei şi a ramificaţiilor, în special în jurul îmbinărilor; se va urmări dacă există urme de material topit, ciupituri, fire rupte sau desfăcute din conductorul multifilar;
— prezenţa unor obiecte sau materiale aruncate pe bare;
— integritatea şi strîngerea îmbinărilor şi clemelor;
— gradul de corodare, în special la conductoarele funie Ol—Al;
— starea stratului de unsoare de protecţie la izolatoarele de exterior, la staţii din zone poluate care necesită ungerea izolaţiei;
— distanţa între faze, în special la exterior (legături în unghi ce pot aluneca pe riglă);
— starea elementelor de susţinere a barelor (stîlpi, rigle, ancore), în sensul de a nu prezenta fisuri, înclinări, ancore rupte parţial sau total;
— starea de curăţenie a barei şi curăţirea periodică, funcţie de gradul de poluare din zonă.

Pentru bare capsulate se vor întocmi instrucţiuni tehnice interne de exploatare de către fiecare întreprindere, care să ţină cont de indicaţiile furnizorului.

Barele colectoare vor fi revizuite şi reparate periodic.

La revizii şi reparaţii se vor executa încercările şi măsurătorile prevăzute în norme.

Personalul de exploatare va controla periodicitatea efectuării reviziilor, reparaţiilor, probelor şi măsurătorilor la barele colectoare, efectuarea tuturor probelor şi încadrarea în valorile admise.

Principalele tipuri de defecţiuni la barele colectoare şi modul de remediere al acestora se prezintă în tabelul 3.8.1.

3.8.4. CONDUCTOARE IZOLATE

Principalele tipuri de conductoare izolate utilizate în instalaţiile de înaltă şi de joasă tensiune din staţiile electrice şi posturile de transformare sînt cablurile de energie, cablurile şi conductoarele de comandă, protecţie secundară şi măsură şi conductoarele izolate folosite în instalaţiile electrice de forţă şi lumină. Pentru fiecare caz în parte, tipul de conductor se alege în funcţie de destinaţie, de tensiunea şi curentul nominal, de stabilitatea la scurtcircuit, de căderile de tensiune, de pierderile de putere, de condiţiile de montaj şi de exploatare.

Cablurile electrice pot fi clasificate după utilizare în următoarele categorii :

a) cablul de energie, denumit și cablu de forță, este cablul de înaltă tensiune (110—220 kV), medie tensiune (6—35 kV) sau joasă tensiune (sub 1 kV) folosit în circuitele primare ale stațiilor electrice și posturilor de transformare ;

b) cablul pentru comandă și control, denumit și cablul de circuite secundare, este cablul folosit în instalațiile de comandă, măsură, semnalizare, blocaj, reglaj, protecție și automatizare avînd tensiuni de serviciu mai mici de 400 V.

În această categorie se includ și cablurile pentru alimentarea unor receptoare deosebite sau în directă legătură cu aceste instalații, cum ar fi :

— dispozitive de acționare ale aparatelor primare ;
— vane, ventile și clapete cu acționare electrică ;
— încălzirea și iluminatul local al cutiilor de cleme, dulapurilor de relee și contoare etc., dacă puterea acestora nu depășește 10 kW.

c) cablul pentru telemecanică, denumit și cablu pilot, este cablul folosit în instalațiile de telesemnalizări, telemăsură, telecomenzi și teleprotecție avînd dimensiuni de serviciu, de regulă sub 60 V.

După tipul constructiv, cablurile electrice pot fi clasificate în :

a) cablu monopolar — format dintr-un conductor izolat și învelișul de protecție exterior ;

b) cablu multipolar (multiconductor) — format din mai multe conductoare, izolate distinct electric și solidare mecanic în învelișul de protecție exterior.

După comportarea la foc, cablurile electrice pot fi clasificate în :

a) cablu fără întîrziere la propagarea flăcărilor ;

b) cablu cu întîrziere la propagarea flăcărilor ;

c) cablu cu întîrziere mărită la propagarea flăcării ;

d) cablu rezistent la foc.

Elementele componente ale cablurilor sînt conductoarele, izolația conductoarelor, ecranul și învelișul cablului.

Conductorul cablului este corpul metalic din aluminiu sau din cupru, care constituie o cale unică de curent formată dintr-unul sau mai multe fire. Formele curente ale conductoarelor sînt : conductor rotund, conductor sector și conductor profil.

Izolația conductorului este constituită din stratul sau straturile de material izolant cu care este învelit conductorul. Tipurile uzuale de izolație sînt :

— hîrtie impregnată cu materiale izolante (cu sau fără presiune de ulei sau de gaz) ;

— izolație sintetică (uscată) care poate fi realizată cu materiale termoplastice (policlorură de vinil sau polietilenă) sau cu elastomeri (polietilenă reticulată, policlorură de vinil reticulată, cauciuc siliconic etc.).

Ecranul este învelișul metalic aplicat peste un conductor izolat, sau peste un ansamblu de conductoare izolate, cu scopul principal de a elimina sau atenua simțitor acțiunea cîmpurilor electrice sau magnetice străine asupra curentului electric care trece prin conductor, respectiv prin conductoare și invers.

La cablurile de energie ecranele metalice au scopul :

— creării unei suprafețe echipotențiale în jurul izolației și dirijării în acest fel a cîmpului electric ;

— reducerii efectelor inductoare ale cîmpurilor electrostatice externe și interne ;

— asigurarea protecției persoanelor și materialelor în cazul perforării cablurilor prin corpuri conductoare exterioare.

După modul de dispunere a ecranelor și repartizării cîmpului electric în regim trifazat în izolație, cablurile pot fi cu cîmp radial - ecran peste fiecare conductor izolat — sau cu cîmp neradial — ecran peste ansamblul conductoarelor izolate.

În afara ecranelor metalice, cablurile de energie pot fi prevăzute cu straturi semiconductoare peste conductoare sau peste izolație, avînd rolul de a evita concentrarea cîmpului electric datorită suprafeței neregulate a conductorului.

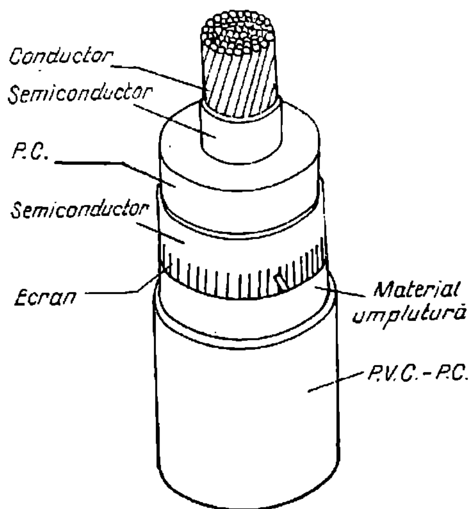


Fig. 3.8.1. Secțiune într-un cablu monofilar de 110 kV cu izolație uscată (polietilenă reticulată).

Aceste straturi sînt indicate în fig. 3.8.1, unde se prezintă secțiunea într-un cablu monofilar de 110 kV cu izolație uscată (polietilena reticulată). Învelișul cablului este constituit din ansamblul straturilor destinate realizării unei forme determinate a cablului și asigurării protecției contra degradărilor exterioare. Învelișul cablurilor poate cuprinde :

— materiale de umplutură între conductoarele izolate pentru obținerea unei geometrii determinate a cablului, de regulă, cilindrică;

— învelișul de etanșeizare, denumit și manta de etanșeizare, care asigură protecția izolației împotriva umidității sau agenților corosivi; se realizează din materiale sintetice sau metalice;

— armătura, constituită din benzi metalice înfășurate, împletitură de sîrmă sau sîrmă înfășurată, care asigură o protecție mecanică suplimentară;

— învelișul exterior, denumit și manta exterioară, realizat în general din materiale sintetice și care asigură protecția chimică și mecanică a cablului.

La cablurile trifazate de înaltă tensiune cu ulei sub presiune, canalele pentru circuitul uleiului sînt realizate în spațiile de umplutură dintre izolația conductoarelor și mantaua metalică. Pentru menținerea acestor canale se montează de obicei trei spirale de aluminiu pe toată lungimea cablului, ca în fig. 3.8.2.

La cablurile monofazate, canalul de ulei este realizat în interiorul conductorului, ca în fig. 3.8.3.

Pentru a se asigura etanșeitatea și izolația cablurilor, acestea se leagă între ele și la aparate, bare colectoare și linii aeriene prin manșoane, cutii terminale sau capete treminale, denumite și accesorii pentru cabluri.

Înnădirea cablurilor de comandă și control se permite numai în cazul în care lungimea traseului este mai mare decît lungimea de fabricație a cablului, sau pentru înlăturarea deranjamentelor cablurilor în funcțiune.

În subsoluri și poduri de cabluri nu se vor realiza de regulă manșoane.

Cablurile de energie pozate în încăperi, canale, galerii, poduri și puțuri de cabluri se vor marca cu etichete de identificare la capete și la trecerile dintr-o construcție de cabluri în alta, la încrucișări cu alte cabluri, iar cablurile pozate în pămînt se vor eticheta și pe traseu din zece în zece metri.

Cablurile de comandă și control și cablurile de telecomandă se vor marca cu etichete de identificare numai la capete, la intersecția cu alte cabluri și la trecerea dintr-o construcție de cabluri în alta, inclusiv la separațiile antifoc realizate în cadrul aceleiași construcții. Cablurile pozate în jgheaburi se vor marca numai la capete.

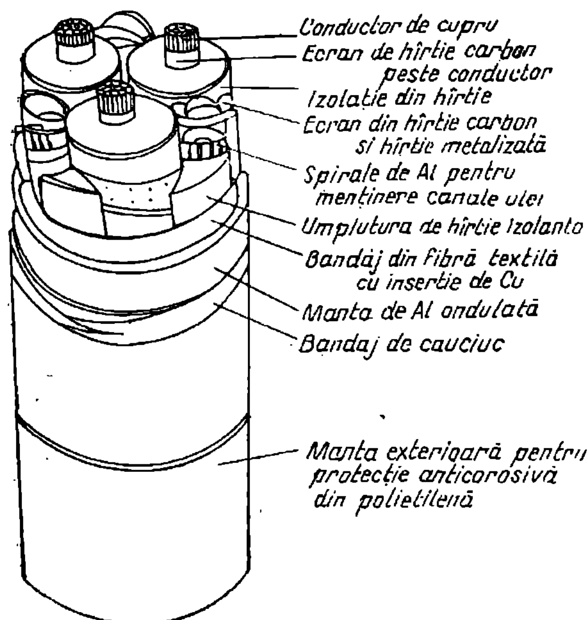


Fig. 3.8.2. Cablu tripolar cu ulei de joasă presiune de tip convențional.

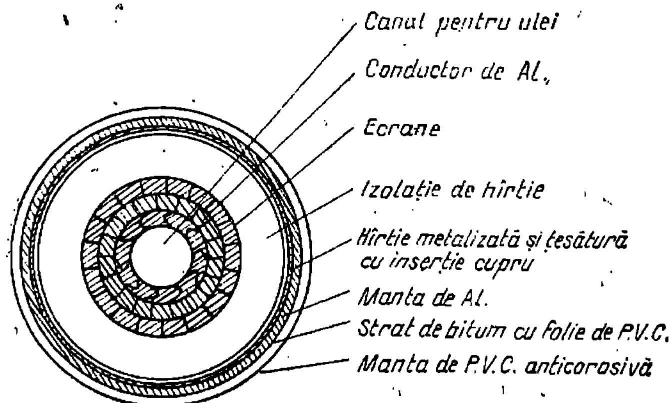


Fig. 3.8.3. Secțiune într-un cablu monofazat de 110 kV cu presiune de ulei 1×500 m².

Etichetele pentru cabluri vor fi confecționate din plumb, material plastic, cupru sau aluminiu și se vor înscrie pe ele: tensiunea, marca de identificare a cablului din jurnalul de cablu și anul de pozare.

Toate manșoanele de legătură sau de derivație, precum și cutiile terminale vor fi prevăzute de asemenea cu etichete de identificare.

Instalarea cablurilor în stațiile electrice și în posturile de transformare se face direct în pămînt, în canele de cabluri vizitabile și în subsoluri sau poduri de cabluri.

În gospodăriile de cabluri ale stațiilor electrice și posturilor de transformare, cablurile aferente fiecărui transformator sau fiecărui obiect care se rezervează reciproc sînt dispuse, de regulă, în fluxuri separate.

De asemenea, pozarea cablurilor de comandă-control și de telemecanică, inclusiv a celor aferente instalațiilor și dispozitivelor de prevenire și stingere a incendiilor, se realizează în fluxuri separate față de cele ale cablurilor de energie. Pozarea în fluxuri separate se realizează și pentru cablurile de energie de tensiuni diferite.

La pozarea cablurilor de energie și de comandă-control se va prevedea o rezervă de cablu pentru compensarea deformărilor și pentru a permite înlocuirea cutiilor terminale și a manșoanelor.

La manșoane se va prevedea ca rezervă lungimea necesară refacerii de două ori a manșoanelor respective, iar la cutiile terminale — lungimea necesară refacerii o singură dată.

În exploatare cablurile se verifică periodic prin încercarea izolației cu tensiune redresată mărită. După această probă se măsoară și rezistența de izolație.

La cablurile de 110 kV se mai încearcă mantaua exterioară anticorosivă cu tensiune redresată și se execută și probele solicitate de furnizor (gradul de degazare a uleiului, rigiditatea dielectrică a uleiului, circulația curenților în manta, sistemul de semnalizare a presiunii uleiului etc.).

Celelalte probe la care sînt supuse cablurile, printre care rezistența chimică a conductoarelor și a ecranelor, identificarea fazelor, tangenta unghiului de pierderi dielectrice, diferența de potențial dintre mantaua metalică și pămînt etc., se execută la punerea în funcțiune, după reparații, după executarea unor modificări în instalații, sau la trecerea la o tensiune superioară de funcționare.

O atenție deosebită trebuie acordată în exploatarea încărcării cablurilor, regimului termic, solicitărilor termice și mecanice la scurtcircuit.

Dotarea gospodăriilor de cabluri cu mijloace și instalații de prevenire și stingere a incendiilor și menținerea lor într-o perfectă stare de funcționare este de asemenea una din sarcinile principale ale personalului de exploatare.

3.9. IZOLATOARE

3.9.1. CONSIDERAȚII GENERALE

Creșterea tensiunii nominale a rețelelor electrice a fost posibilă în măsura în care tehnica a putut realiza izolatoare corespunzătoare.

Izolatoarele se folosesc în instalațiile electrice și servesc la fixarea elementelor conducătoare de curent, la izolarea lor față de pămînt și de alte părți ale instalațiilor care se găsesc la altă tensiune, precum și la îmbinarea mecanică a părților aflate la potențiale diferite.

Din punct de vedere al destinației, izolatoarele se construiesc pentru a fi folosite la liniile electrice aeriene, precum și ca izolatoare de trecere și izolatoare suport.

Izolatoarele pentru linii sînt destinate funcționării în aer liber, iar cele de trecere și suport — pentru funcționarea în instalații exterioare sau interioare.

Caracteristicile principale ale izolatoarelor sînt următoarele:

— *izolatorul străpungibil* (St) este izolatorul la care distanța disruptivă prin corpul izolatorului este mai mică decît jumătate din distanța disruptivă exterioară (prin aer);

— *izolatorul nestrăpungibil* (Ns) este izolatorul la care distanța disruptivă prin corpul izolatorului este cel puțin egală cu jumătate din distanța disruptivă exterioară (prin aer).

— *distanța disruptivă prin materialul izolatorului* este distanța cea mai mică prin materialul izolatorului între elementele metalice cu potențiale electrice diferite;

— *distanța disruptivă exterioară izolatorului* este distanța cea mai mică între părțile metalice sub tensiune pe o cale care nu trece prin materialul izolatorului;

— *linia de fugă* este cea mai mică distanță pe suprafața izolatorului între părțile metalice aflate la potențiale electrice diferite. În cazul

izolatoarelor compuse din mai multe elemente, linia de fugă este egală cu suma liniilor de fugă ale elementelor componente;

— *linia de fugă specifică* este raportul dintre lungimea liniei de fugă exprimată în cm și tensiune maximă de serviciu între faze exprimată în kV;

— *străpungerea* reprezintă descărcarea disruptivă prin corpul izolant solid al izolatorului;

— *conturnarea* reprezintă descărcarea disruptivă exterioară izolatorului, producîndu-se între părțile ce sînt supuse în mod obișnuit la potențiale diferite;

— *tensiunea minimă de conturnare la frecvență industrială* (50 Hz) în stare uscată sau umedă (sub ploaie) este cea mai mică tensiune de frecvență industrială care produce conturnarea izolației;

— *tensiunea de ținere 1 minut la frecvență industrială* în stare uscată sau sub ploaie este tensiunea maximă prescrisă la frecvență industrială aplicată în stare uscată sau sub ploaie pe izolator timp de 1 minut, fără a produce conturnarea sau străpungerea;

— *tensiunea de 50% conturnări la tensiune de impuls* în stare uscată este tensiunea de impuls care produce conturnarea izolației pentru jumătate din numărul impulsurilor aplicate.

Pentru a asigura izolația corespunzătoare tensiunii instalației, izolatoarele nu trebuie să permită străpungerea nici conturnarea izolatorului. În general, probabilitatea de conturnare este mai mare decît probabilitatea de străpungere. Acest lucru depinde de construcția izolatorului și de starea mediului ambiant.

Funcție de destinația lor, izolatoarele pot prelua eforturi mecanice diferite. De exemplu, la liniile electrice aeriene, izolatoarele de susținere preiau numai greutatea conductorului, a chiciurii și presiunea vîntului, iar izolatoarele de tracțiune preiau în plus și eforturile de tracțiune din conductoare.

În plus, izolatoarele de exterior sînt supuse la variații de temperatură lente sau bruște. Astfel, cînd un izolator este încălzit de razele soarelui și apoi este udat brusc de o ploaie rece, sau cînd un izolator la suprafața căruia se produce o conturnare este răcit sub influența variațiilor de temperatură, în special a celor bruște, iau naștere în masa izolatorului eforturi interne care pot conduce la distrugerea acestuia. Creșterea temperaturii izolatorului poate influența și asupra calității lui electrice, favorizînd deteriorarea izolatorului prin străpungere ca urmare a efectului de instabilitate termică.

3.9.2. MATERIALE FOLOSITE ȘI TIPURI CONSTRUCTIVE

3.9.2.1. MATERIALE PENTRU IZOLATOARE

Izolatoarele se compun din dielectric, armături metalice servind fixarea mecanică, materiale de legătură care îmbină armăturile cu ›lectricul.

Materialele electroizolante (dielectricii) sînt materiale care sub in- ența cîmpurilor electrice prezintă o deplasare limitată a electronilor. urmare a deplasării sarcinilor electrice, materialele electroizolante ›zintă o conductivitate electrică practic foarte mică, respectiv o :istivitate practic foarte mare.

Materialele electroizolante sînt caracterizate prin proprietățile lor ›lectrice, mecanice și termice.

Proprietățile dielectrice care caracterizează materialele electroizo- ıte sînt în principal : rigiditatea dielectrică mare, pierderi dielec- ce mici, rezistența mare la curenți de scurgere și la arcul electric.

Proprietățile mecanice ale materialelor electroizolante prezintă o portanță deosebită. Orice degradare a proprietăților mecanice nduce la defecțiuni ale izolației. Astfel, apariția unor crăpături, uri, pori face să apară ionizarea chiar la tensiunea nominală sau con- .ce la pătrunderea și absorbția umidității, care are ca rezultat scă- rea rigidității dielectrice a izolatorului. Proprietățile mecanice prin- ›ale care se cer unui material izolant sînt : rezistența la tracțiune, mpresiune, încovoiere, flexibilitate, duritate.

Proprietățile termice care se cer materialelor electroizolante sînt mătoarele : rezistență la temperaturi mari, la curenți de scurgere, arcul electric, neimflamabilitate, modificări reduse ale volumului temperatura, conductivitate termică mare și dilatare termică re- ısă.

Alte proprietăți care se cer unui material electroizolant sînt : re- tență mare la umiditate, la intemperii, la solvenți, la îmbătrînire, ulei, absorbția redusă de apă, lipsa acidității. Materialele folosite rent la fabricarea izolatoarelor sînt porțelanul electrotehnic și sticla lită.

Izolatoare pentru linii și bare. Construcția izolatoarelor pentru liniile electrice aeriene s-a dezvoltat concomitent cu creșterea tensiunilor utilizate pentru transportul energiei electrice, corelat cu progresul tehnologiei confecționării lor.

La transportul și distribuția energiei electrice se utilizează izolatoare suport și izolatoare de suspensie.

Izolatoarele suport se utilizează la liniile electrice aeriene cu tensiune pînă la 35 kV. La tensiuni de peste 35 kV, pentru asigurarea rigidității dielectrice corespunzătoare, dimensiunile izolatoarelor suport ar trebui să fie atît de mari încît rezistența lor mecanică ar deveni insuficientă. Aceasta se datorește eforturilor în conductoare, presiunii vîntului, care fiind aplicate perpendicular pe axa izolatorului, măresc momentul de încovoiere pe măsură ce se mărește înălțimea acestuia, fapt care a impus trecerea la sistemul de prindere a conductorului liniei prin izolatoare de suspensie.

Izolatoare suport. Izolatoarele suport sînt confecționate astfel încît să permită montarea rigidă pe tije metalice, care sînt prinse direct sau indirect prin intermediul unor console de stîlpii liniilor electrice aeriene.

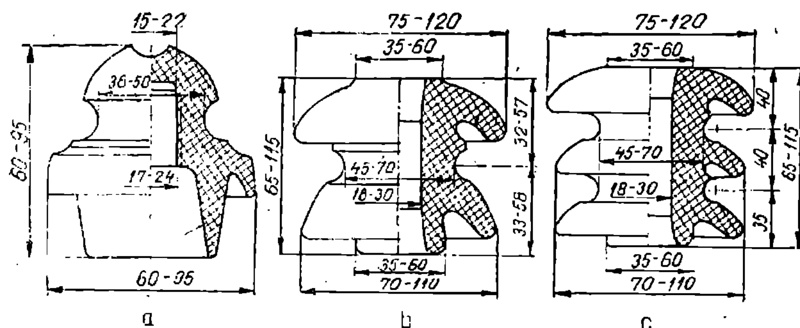


Fig. 3.9.1. Tipuri de izolatoare suport de joasă tensiune.

Conductorul se prinde pe canelura (șanțul) superioară sau laterală a capului izolatorului, prin intermediul unor legături din sîrmă sau cleme, transmițînd astfel direct izolatorului eforturile mecanice datorite forțelor la care este supus și tensiunile electrice datorite cîmpului electric. În fig. 3.9.1 sînt reprezentate izolatoare suport pentru tensiuni de 0,4 kV.

Prinderea pe stîlp este realizată prin înșurubare pe un suport metalic sau cîrlig.

Din punct de vedere al coeficientului de siguranță la străpungere, izolatoarele suport se construiesc în două tipuri : străpungibile și nestrăpungibile (întărite), fig. 3.9.2.

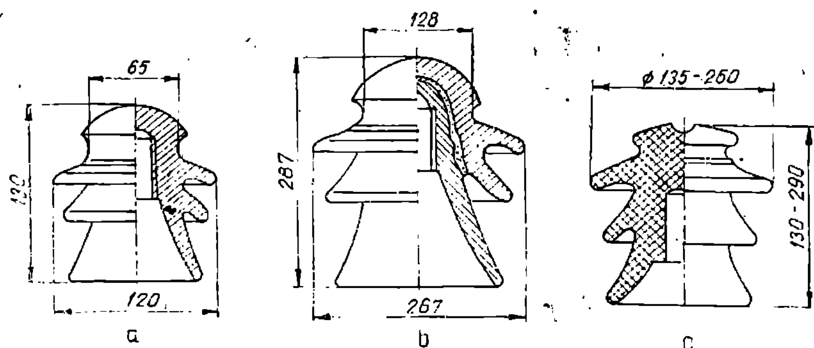


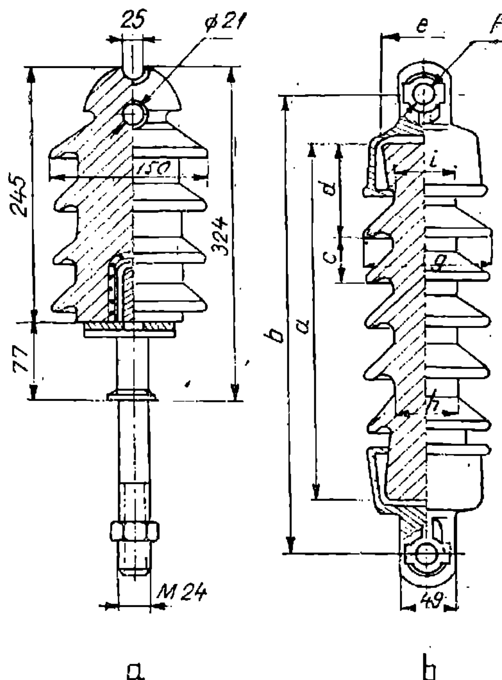
Fig. 3.9.2. Izolatoare suport de medie tensiune :
a — cu perete subțire, cu un strat de dielectric pentru tensiunea de 6 kV ; *b* — cu două straturi subțiri de dielectric pentru tensiunea de 35 kV ; *c* — cu un strat gros de dielectric.

Începînd din anul 1970, în țara noastră se produce izolatorul suport nestrăpungibil din porțelan tip Is Ns 20 kV, destinat liniilor electrice aeriene de medie tensiune. Acest izolator este prevăzut cu un locaș pentru un conductor suplimentar (auxiliar) de prindere a conductorului principal. Acest al doilea conductor are rolul de a uniformiza spectrul liniilor de cîmp electric. Solicitările datorite cîmpului electric, ca și cele mecanice, care sînt maxime în regiunea superioară a izolatorului, sînt mai mici la izolatorul nestrăpungibil decît la cel normal, din cauza faptului că regiunea cuprinsă între conductorul principal și cel auxiliar se găsește într-un cîmp electric nul, fig. 3.9.3.

Izolatoarele se construiesc în două variante : o variantă prin care izolatorul se asamblează cu tije metalice prin înșurubare, tijele fiind prevăzute cu filet, iar izolatoarele au teacă de cupru (tablă cu grosimea de 0,3 mm) filetată cu același filet. A doua variantă, nedemontabilă, care se construiește din anul 1982, fără teacă din cupru și prinderea

tijei fix în masa izolatorului. În fig. 3.9.4 *a* este prezentat izolatorul IsNs 20 kV cu caracteristicile tehnice.

Conturnarea unui izolator suport poate avea loc pe una din căile l_1, l_2, l_3 reprezentate în fig. 3.9.4.



Dimensiuni [mm] / Tipul izolatorului	a ±10	b ±1	c	d	e	f ±1	g	h	i	fig.
ITFs -60/5	345	440	45	95	83	21	120	60	70	b
ITFs -60/6	390	485	45	95	83	21	120	60	70	
ITFs -60/7	435	520	45	95	83	21	120	50	70	

Fig. 3.9.3. Izolatoare de medie tensiune tip Is Ns și ITfs.

Izolatoare de suspensie. Aceste izolatoare compun lanțurile de izolatoare folosite la liniile electrice aeriene. Se construiesc din porțelan sau sticlă călită, armăturile fiind realizate din fontă. Numărul de elemente din lanț, pentru o tensiune dată, depinde de tipul izolatorului.

Izolatoarele de suspensie se pot clasifica din punct de vedere electric și mecanic.

Din punct de vedere electric se disting:

— izolatoare străpungibile;

— izolatoare nestrăpungibile (cu inimă plină).

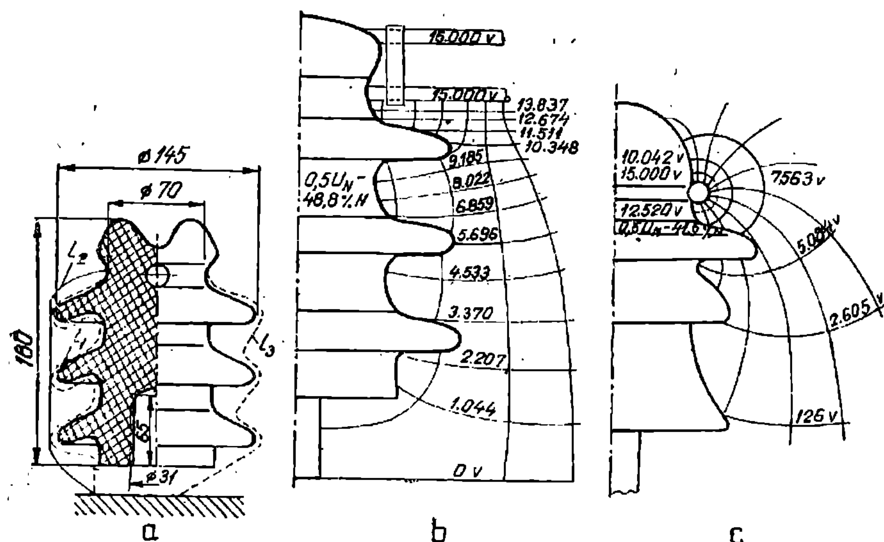


Fig. 3.9.4. Izolator suport nestrăpungibil cu strat gros de dielectric și locaș pentru conductorul auxiliar:

a — forma izolatorului; b — spectrul liniilor de cîmp ale izolatorului nestrăpungibil; c — spectrul liniilor de cîmp ale unui izolator străpungibil.

Din punct de vedere mecanic, izolatoarele se clasifică după natura forțelor care iau naștere în masa de porțelan sau sticlă cînd izolatorul este supus sarcinilor mecanice, și anume:

— izolatoare străpungibile cu perete izolant subțire, la care în masa izolantă apar în mod deosebit eforturi de compresiune și alunecare sau încovoiere sub influența sarcinilor exterioare. La aceste izolatoare eforturile de întindere au valori relativ mici;

— izolatoare nestrăpungibile cu inimă plină, la care sub influența sarcinilor exterioare în masa izolantă apar în special eforturi de întindere.

Izolatoarele de suspensie străpungibile, cel mai adesea, se construiesc cu capă din fontă și tijă. Principalele elemente ale izolatorului cu capă, reprezentate în fig. 3.9.5, sînt următoarele: corpul izolatorului, masa izolantă avînd partea superioară în formă de calotă cu pereții subțiri — *1*; capa de prindere din fontă — *2*; tija de prindere din oțel — *3*; liantul (cimentul) de legătură dintre capă și capul izolatorului — *4*.

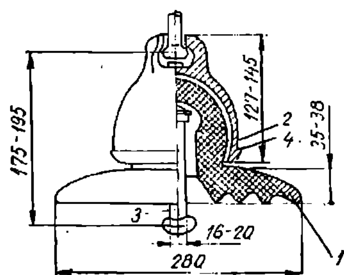


Fig. 3.9.5. Izolator de suspensie tip capă.

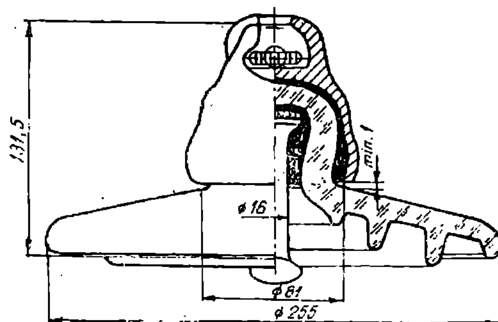


Fig. 3.9.6. Izolatorul de suspensie tip CTS 60-1.

Izolatoarele se asamblează în lanț prin introducerea capului tijei în locașul (nuca) capului izolatorului superior, prinderea făcîndu-se cu o piesă elastică numită siguranță.

Începînd din anul 1979 a început construcția în țară a izolatoarelor capă din sticlă călită tip CTS, care sînt destinate liniilor electrice aeriene. În fig. 3.9.6...3.9.8 sînt reprezentate tipurile de izolatoare CTS, iar în tabelul 3.9.1 sînt indicate caracteristicile tehnice.

Tabelul 3.9.1

Principalele caracteristici ale izolatoarelor de suspensie tip CTS

Tipul izolatorului	Linia de fugă [mm]	Sarcina de rupere [kN]	Masa (kg)	Tensiunea de ținere	
				La 50 Hz sub ploaie [kV]	50 % impuls uscat [kV_{max}]
CTS 60-1	295	60	4,1	35	100
CTS 120-1	325	120	5,7	35	110
CTS 160-1	290	160	8	40	110

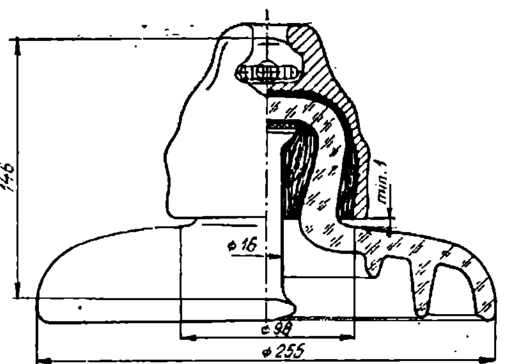


Fig. 3.9.7. Izolatorul de suspensie tip CTS 120-1.

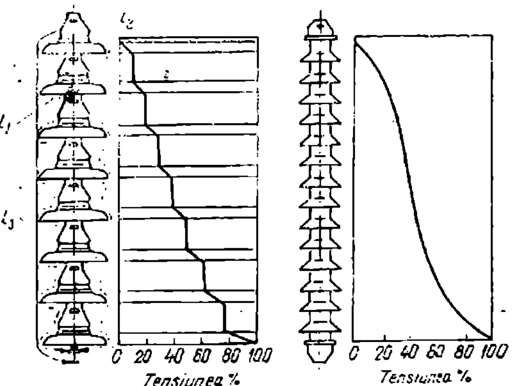


Fig. 3.9.9. Repartiția tensiunii pe un lanț de izolatoare. Căile de conturnare ale unui lanț de izolatoare.

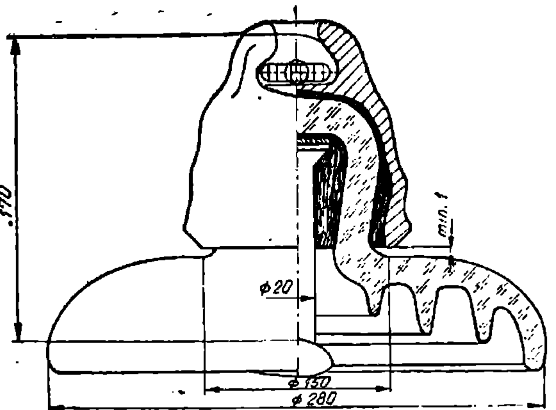


Fig. 3.9.8. Izolatorul de suspensie tip CTS 160-1.

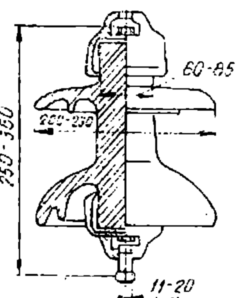


Fig. 3.9.10. Izolator de suspensie nestrăpungibil cu linie medie de fugă.

Conturnarea lanţului de izolatoare tip capă poate avea loc după unul din traseele indicate în fig. 3.9.9, şi anume:

— în lungul suprafeţei izolatorului, l_1;

— paralel în lungul suprafeţei izolatorului, parţial prin aer, l_2;

— total prin aer, l_3.

Izolatoarele de suspensie nestrăpungibile (cu perete gros de dielectric) se construiesc în două variante: cu linie medie de fugă şi cu linie lungă de fugă.

Izolatoarele de suspensie nestrăpungibile cu linie medie de fugă sînt formate din două corpuri de izolatoare, care la cele două capete se termină cu două cape din fontă ce se îmbină similar ca izolatorul cu capă, fig. 3.9.10.

Izolatoarele de suspensie nestrăpungibile cu linie lungă de fugă, se numesc şi izolatoare tijă. Acestea sînt construite dintr-o bară masivă de porţelan cu ondule pe suprafaţa exterioară, armată la capete cu două cape metalice.

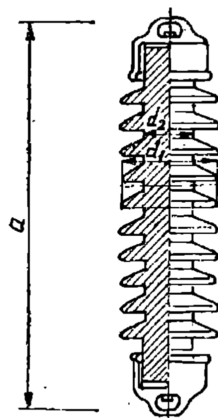
Comparativ cu lanţul de izolatoare capă, lanţul de izolatoare tijă prezintă un număr mic de armături metalice, ceea ce are ca efect scăderea locurilor posibile de defecte mecanice (desprinderi de capă) şi electrice (descărcări în dreptul armăturilor metalice).

Într-un izolator tijă efortul principal care ia naştere este de întindere. În fig. 3.9.11 este reprezentat tipul uzual de izolator tijă cu care sînt echipate reţelele electrice de înaltă şi foarte înaltă tensiune din ţara noastră, împreună cu caracteristicile tehnice.

În reţelele de medie tensiune se foloseşte izolatorul de fabricaţie românească tip ITfs, reprezentat în fig. 3.9.3, împreună cu caracteristicile tehnice.

Repartiţia potenţialului în lungul unui lanţ de izolatoare este neuniformă. Acest lucru se datoreşte unei distribuţii neuniforme a sarcinilor electrice pe sistemul de capacităţi format de izolatoarele lanţului. Fiecare element (izolator) din lanţ formează un condensator care are ca armături părţile metalice ale izolatorului, iar ca dielectric — porţelanul sau sticla. De asemenea, între armăturile izolatorului şi părţile legate la pămînt există capacităţi. Sistemul de capacităţi al unui lanţ de izolatoare este reprezentat în fig. 3.9.12, iar repartiţia potenţialului în lungul lanţului de izolatoare este reprezentată în fig. 3.9.9.

Elementele din apropierea conductorului preiau cea mai mare cădere de tensiune. În vederea protejării lanţului de izolatoare în cazul conturnărilor şi pentru egalizarea repartiţiei tensiunii pe elemente se utilizează armături de protecţie.



Tipul izolatorului	Dimensiune [mm]			Masa [Kg]	Diametrul tijei [mm]	Sarcina [t]		Linia de fugă [mm]	Tensiunea de conturnare		
									La 50 Hz [kV]		50% impuls neg. [kVmax]
	a±25	d_1±10	d_2±4			De durată anuală	De rupere mijl.		Stare uscată	Sub ploaie	
VKLS-75/21	1240	195	75	35	16	5.3	12	3350	420	295	645
VKLS-85/21	1270	205	85	41	20	6,9	16	3350	415	295	645
VKLF-75/16	1240	170	75	28	16	5.3	12	2500	425	305	645
VKLF-85/16	1270	180	85	34	20	6,9	16	2500	425	305	645

Fig. 3.9.11. Izolator de suspensie nesträpungibil cu linie lungă de fugă.

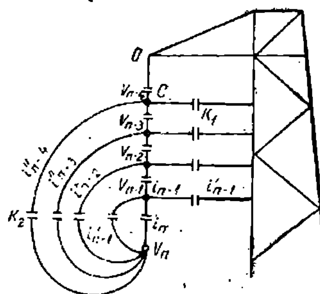


Fig. 3.9.12. Sistemul de capacități al unui lanț de izolatoare:

C — capacitatea proprie a izolatorului; K_1 — capacitatea dintre capă și pămînt; K_2 — capacitatea dintre capă și conductor.

La tensiunea de pînă la 110 kV inclusiv, armăturile de protecţie se execută de regulă sub forma unor coarne prinse la capetele lanţului de izolatoare. La tensiuni mai mari, prin lungirea lanţului, forma armăturilor devine inelară, ovală, în opt, deoarece gradul de neuniformitate a repartiţiei tensiunii pe izolatoare creşte, astfel încît pentru egalizarea repartiţiei tensiunii este necesară mărirea capacităţii armăturilor faţă de lanţ. Căile posibile de conturnare ale unui lanţ de izolatoare cu armături de protecţie în formă de coarne sînt reprezentate în fig. 3.9.13.

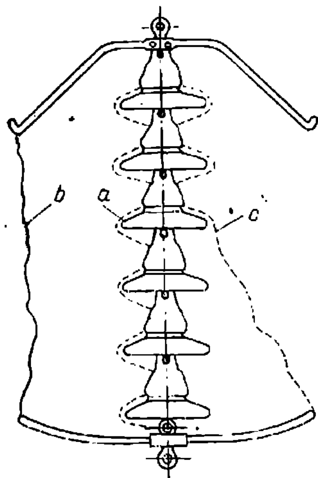


Fig. 3.9.13. Căile posibile de conturnare ale unui lanţ de izolatoare cu coarne de protecţie.

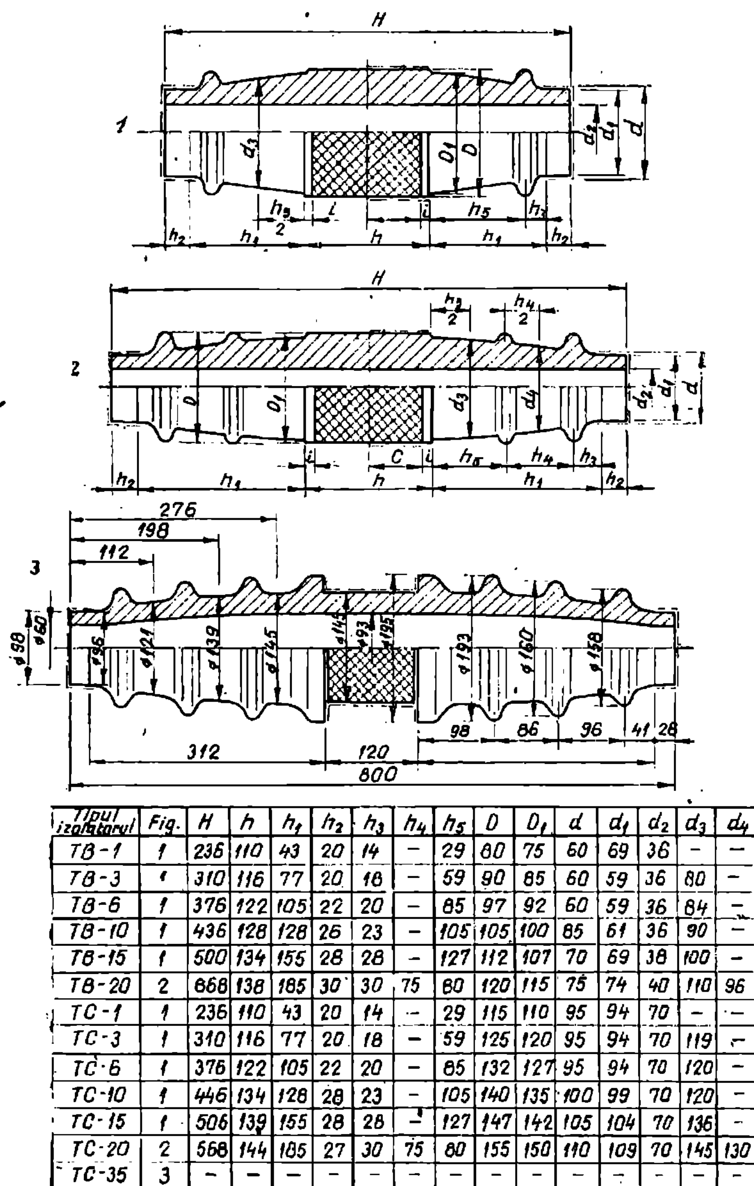
Izolatoare de trecere. Izolatoarele de trecere se utilizează pentru realizarea trecerii căilor conductoare de curent din exteriorul în interiorul aparatelor, ca şi pentru izolarea barelor cînd trec prin pereţii instalaţiilor sau clădirilor. Astfel, izolatoarele de trecere se clasifică în izolatoare de trecere pentru aparate şi izolatoare de trecere pentru instalaţii.

Simplificat, izolatorul de trecere este un corp cilindric prevăzut la partea exterioară cu o flanşe metalică pentru fixarea izolatorului de pereţii aparatelor sau instalaţiilor, corpul cilindric fiind confecţionat dintr-un material izolant prin care trece tija metalică conductoare de curent.

La tensiuni de 110 kV şi mai mari, în vederea omogenizării cîmpului electric dintre tija conductoare de curent şi flanşă este necesar să se utilizeze, în combinaţie cu porţelanul, dielectrici lichizi şi solizi. Astfel, se utilizează diferite izolaţii cum ar fi: aer şi porţelan, numai porţelan, ulei de transformator cu ecrane de hîrtie şi armături de egalizare, hîrtie bachelizată, hîrtie şi ulei.

Izolatoare de trecere confecţionate din porţelan. Se utilizează în instalaţii de tip interior sau exterior cu tensiuni de 1 35 kV.

La izolatoarele de interior, carcasa de porţelan are aproape aceeaşi formă pe ambele părţi ale flanşei metalice, ondulele fiind mai puţin pronunţate, fig. 3.9.14.

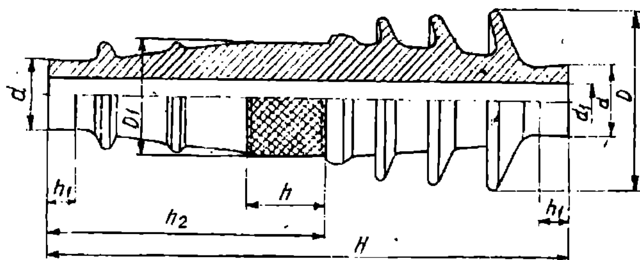


Tipul izolatorul	Fig.	H	h	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	D	D_1	d	d_1	d_2	d_3	d_4
TB-1	1	236	110	43	20	14	–	29	80	75	60	69	36	–	–
TB-3	1	310	116	77	20	18	–	59	90	85	60	59	36	80	–
TB-6	1	376	122	105	22	20	–	85	97	92	60	59	36	84	–
TB-10	1	436	128	128	26	23	–	105	105	100	85	61	36	90	–
TB-15	1	500	134	155	28	28	–	127	112	107	70	69	38	100	–
TB-20	2	668	138	185	30	30	75	80	120	115	75	74	40	110	96
TC-1	1	236	110	43	20	14	–	29	115	110	95	94	70	–	–
TC-3	1	310	116	77	20	18	–	59	125	120	95	94	70	119	–
TC-6	1	376	122	105	22	20	–	85	132	127	95	94	70	120	–
TC-10	1	446	134	128	28	23	–	105	140	135	100	99	70	120	–
TC-15	1	506	139	155	28	28	–	127	147	142	105	104	70	136	–
TC-20	2	568	144	185	27	30	75	80	155	150	110	109	70	145	130
TC-35	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Fig. 3.9.14. Izolatoare de trecere tip interior.

La izolatoarele de interior-exterior, carcasa de porţelan care are ondule mai pronunţate se dispune în exteriorul clădirii, iar carcasa de porţelan care are ondulele mai puţin profunde se dispune în interior, fig. 3.9.15.

La acest tip de izolatoare aerul din cavitatea de aer interioară izolatorului se ionizează determinînd descărcări pe suprafaţa izolatorului



Simbol	Tensiune nominală [kV]	Dimensiuni [mm]								[Kg/ buc]
		H	h	h_1	h_2	D	D_1	d	d_1	
TBe-20	20	568	90	30	305	200	120	75	40	11,6

Fig. 3.9.15. Izolatoare de trecere tip interior-exterior.

şi în vecinătatea flanşei legate la pămînt, ducînd la micşorarea tensiunii de conturnare a izolatorului.

Pentru mărirea tensiunii de conturnare, la aceste izolatoare se înveleşte tija conductoare de curent cu un strat de dielectric care are constanta dielectrică mai mare decît a aerului, de exemplu hîrtie bachelizată sau plastic.

Izolatoare de trecere cu ulei. Aceste izolatoare au ca izolaţie internă, între tija conductoare de curent şi izolaţia de porţelan, ulei de transformator. Sînt utilizate ca izolatoare de trecere de înaltă tensiune la aparate.

Izolatoare de trecere tip condensator. Izolatoarele sînt confecţionate din hîrtie uleiată lăcuită cu răşini de bachelită. Această hîrtie lăcuită este înfăşurată pe o ţeavă conductoare de curent unsă cu răşină de bachelită. În timpul înfăşurării între foile de hîrtii se introduc armături metalice sau semiconductoare, a căror lungime se micşorează pe măsura depărtării de diametru. Aceste armături au scopul de a uniformiza cîmpul electric în direcţie radială şi axială. Întreaga con-

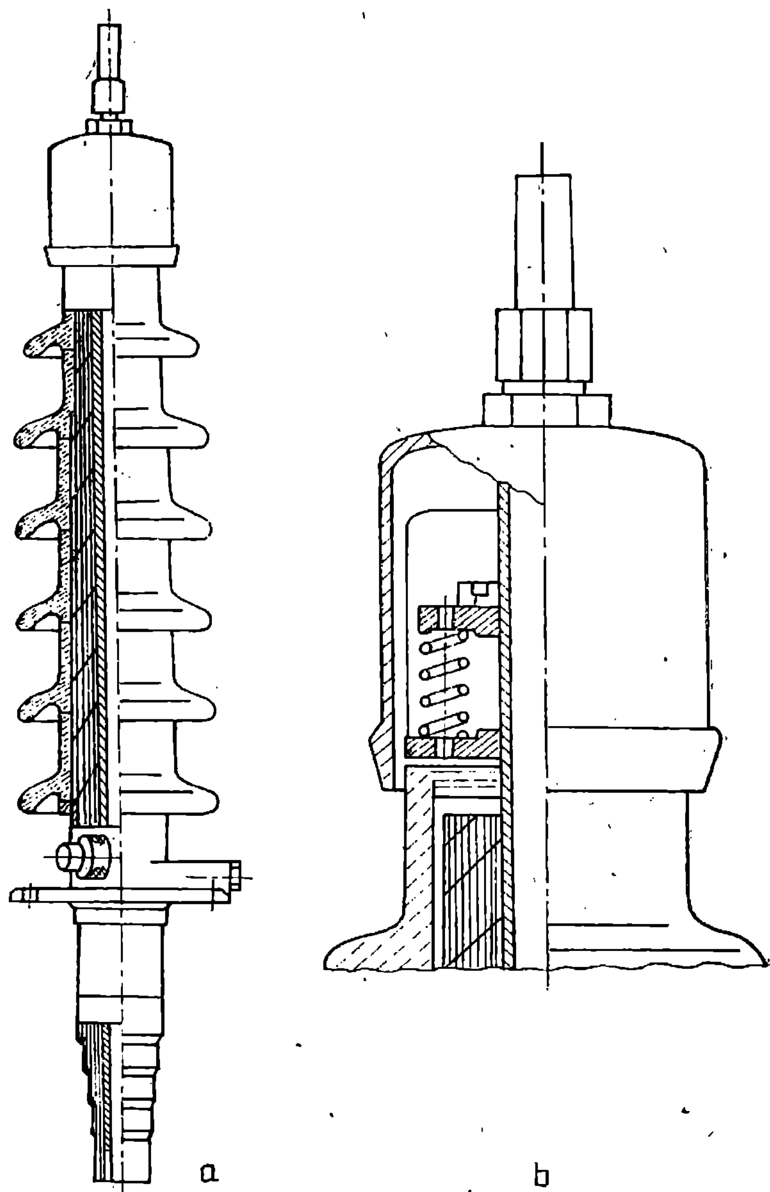


Fig. 3.9.16. Izolator de trecere tip condensator.

strucție se introduce într-o carcasă de porțelan, iar spațiul dintre carcasă și miezul din hîrtie bachelizată se umple cu masă izolantă.

Se utilizează ca izolatoare de trecere, numite și treceri izolate, pentru aparate de înaltă și foarte înaltă tensiune în special la echiparea transformatoarelor de 250 MVA, 400/100 kV și autotransforma-

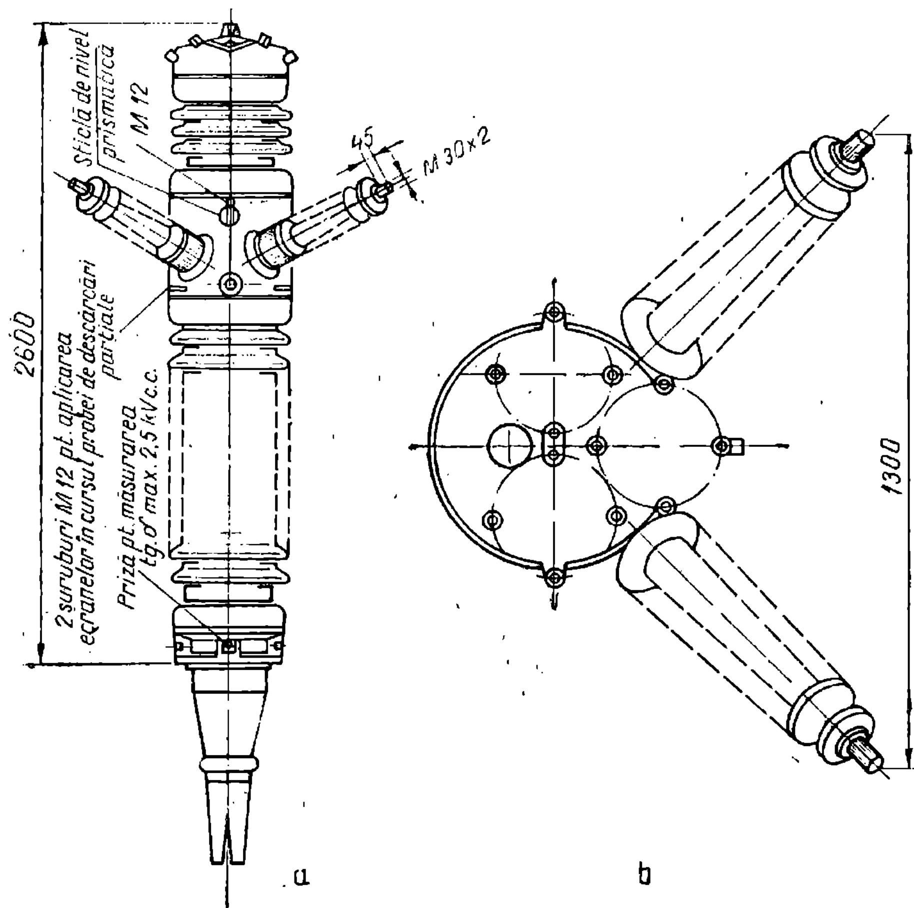


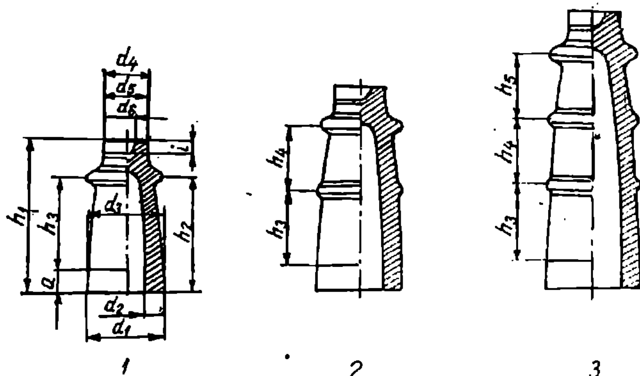
Fig. 3.9.17. Izolator de trecere tip condensator cu patru conductoare.

toarelor 200 MVA, 220/110 kV și 400 MVA, 400/220 kV din sistemul energetic național.

În fig. 3.9.16 este reprezentat izolatorul fabricat de firma Micafil (Elveția).

O construcţie deosebită a izolatoarelor tip condensator o reprezintă izolatorul cu patru conductoare destinat să echipeze autotransformatoarele de 220/110 kV pe partea de 110 kV, fig. 3.9.17.

Izolatoare de trecere cu izolaţie internă din hîrtie şi ulei. Izolatoarele au partea interioară formată dintr-un miez de hîrtie bachelizată ana-

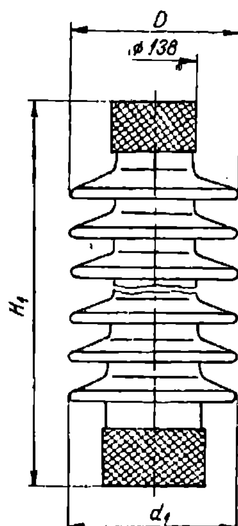


Tip	Fig.	Tens. nom. [kV]	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	a	i	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6
SA-1	1	1	79	48	30	–	–	20	13	63	32	60	47	46	22
SA-3	1	3	117	84	62	–	–	23	13	73	37	70	47	46	22
SA-6	1	6	146	113	84	–	–	26	13	83	45	80	50	49	22
SA-10	1	10	171	135	106	–	–	26	13	88	46	85	50	49	22
SA-15	1	15	202	168	140	–	–	28	14	93	50	89	54	53	23
SA-20	2	20	235	194	89	75	–	30	15	98	56	95	59	58	24
SA-35	3	35	365	322	105	87	105	40	20	115	67	110	70	69	31
SB-1	1	1	88	53	88	–	–	23	17	80	46	75	60	59	34
SB-3	1	3	127	90	58	–	–	28	17	90	50	85	60	59	34
SB-6	1	6	160	123	82	–	–	31	19	100	60	95	65	64	34
SB-10	1	10	190	148	105	–	–	35	19	105	64	100	65	64	34
SB-15	1	15	222	175	130	–	–	37	22	113	70	108	70	69	37
SB-20	2	20	255	204	80	75	–	40	25	120	78	115	75	74	40
SB-35	3	35	375	328	94	84	94	45	24	143	93	138	75	74	34
SC-1	1	1	92	54	30	–	–	29	20	103	56	98	80	79	40
SC-3	1	3	133	93	59	–	–	35	20	115	64	110	80	79	40
SC-10	1	10	197	154	100	–	–	42	20	130	80	125	80	79	40
SC-15	1	15	227	180	126	–	–	44	28	137	87	132	80	79	40
SC-20	2	20	258	207	77	75	–	46	25	145	94	140	80	79	40

Fig. 3.9.18. Izolatoare suport de interior pentru bare.

loagă cu cea a izolatoarelor tip condensator. Între acest miez şi carcasa de porţelan se află ulei de transformator. Izolatoarele necesită o bună etanşeitate, care să excludă posibilitatea pătrunderii umezelii în interiorul carcasei de porţelan.

Izolatoare suport pentru aparate şi bare colectoare. Pentru fixarea conductoarelor, barelor sau părţilor componente ale aparatelor se construiesc izolatoare suport avînd de regulă o formă cilindrică.



Simbol	Tensiune nominală [kV]	Dimens. [mm]			Linia de fugă [mm]	[Kg/buc]	Număr aripi
		H_1	D	d_1			
66-C8/13	66	835	220	200	1840	52,7	13
110-C8/9	110	1167	220	214	1725	65,2	9
110-C8/14	110	1167	250	214	2650	72,3	14
132-C8/19	132	1480	250	214	3570	88,3	19

Fig. 3.9.19. Izolatoare suport pentru aparate.

Izolatoarele sînt confecţionate din porţelan şi sînt destinate pentru a funcţiona în exterior cînd sînt prevăzute cu ondule pronunţate, precum şi pentru a funcţiona în interior cînd ondulele sînt diminuate.

Izolatoarele suport pentru aparate pot fi cu corpul din porţelan masiv, sau sub formă de cilindru gol în interior.

În fig. 3.9.18 sînt reprezentate izolatoare suport pentru bare, iar în fig. 3.9.19 sînt reprezentate izolatoare suport pentru aparate.

3.9.2.3. POLUAREA IZOLATOARELOR

Ca o consecinţă a procesului de industrializare, pe plan mondial se înregistrează o creştere a gradului de poluare a atmosferei în zonele industrializate, fenomen care afectează printre altele şi instalaţiile

electrice exterioare prin reducerea nivelului lor de izolație sub acțiunea simultană a agenților poluanți, a cîmpului electric și a factorilor meteorologici.

Natura agenților poluanți este foarte variată, fiind determinată de sursa de poluare. Agenții poluanți care pot produce o scădere a nivelului de izolație și care în consecință prezintă un interes deosebit sînt, în general, gazele și substanțele de natură anorganică, care prin dizolvare în apă dau soluții electrolitice, precum și substanțele solide insolubile care rețin în porii lor gazele și umiditatea.

Agenții de poluare mai importanți sînt :

— gazele și pulberile provenite din uzinele chimice ;

— pulberile și gazele provenite din exploatările miniere și uzinele siderurgice ;

— praful de cărbune și cenușa volantă provenită din centrale termoelectrice, uzine de înnobilare a minereurilor etc. ;

— produse sub formă de pulberi provenite din fabrici de ciment, var, ipsos, carbid ;

— îngrășăminte chimice provenite de pe terenuri agricole.

Din punctul de vedere al pericolului pe care îl prezintă pentru instalațiile electrice de înaltă tensiune, sursele de poluare pot fi clasificate după cum urmează :

— industria produselor chimice ;

— industria de prelucrare a lemnului ;

— industria metalurgică a construcțiilor de mașini și a prelucrării metalelor ;

— industria extractivă ;

— centrale termoelectrice sau de termoficare, cu combustibil solid (cărbune) sau lichid ;

— industria materialelor de construcție, în special fabricile de ciment ;

— industria textilă.

După efectul pe care îl are asupra izolatoarelor electrice, poluarea poate fi de două tipuri caracteristice :

— poluarea granuloasă ;

— poluarea electrolitică.

Poluarea granuloasă se datorește depunerilor de particule pulverulente puțin solubile în apă (cenușă volantă, praf de minereu, carbid, ciment etc.), care formează pe suprafața izolatoarelor un strat aderent. Porii acestui strat rețin apa sau soluții electrolitice, care conferă stratului proprietăți conductoare.

Poluarea electrolitică se datorește pulberilor de natură anorganică solubile în apă sau gazelor, care în prezența umidității atmosferice formează soluții electrolitice pe suprafața izolatoarelor, în general foarte bune conductoare.

Trebuie făcută însă precizarea că cele două tipuri de poluare, granuloasă și electrolitică, apar de regulă împreună, fiind foarte rare cazurile cînd unul din ele apare în exclusivitate.

Conturnarea izolatoarelor în condiții de poluare. Mecanismul conturnării izolatoarelor sub efectul poluării a format obiectul multor cercetări și studii.

În general, fenomenele se prezintă astfel : prin stratul format de pulberile pe suprafața izolatoarelor, care devine conducător în prezența umidității atmosferice sau picăturilor de ploaie măruntă, prin pelicula electrolitică formată de gazele care intră în reacția chimică cu umiditatea din atmosferă (ceață, ploaie măruntă etc.), tensiunea electrică sub care se află izolatoarele în exploatare forțează trecerea unui curent electric de scurgere. Datorită formei izolatoarelor și repartiției neuniforme a depunerilor, densitatea curentului de fugă diferă în diversele zone de pe suprafața izolatoarelor. În zonele în care densitatea curentului de scurgere este mai mare, se produce o încălzire locală, care provoacă uscarea acestora. Astfel, pe izolator se formează în timp o serie de benzi uscate care alternează cu benzi umede. În acest stadiu repartiția tensiunii electrice pe suprafața izolatorului devine neuniformă, stabilindu-se la limitele benzilor uscate tensiuni de valori relativ mari. Cînd valoarea acestor tensiuni depășește valoarea de ținere a spațiului disruptiv, încep descărcările prin arc care șuntează benzile uscate. Aceste descărcări sînt însoțite de variații bruște ale curentului de fugă sub forma unor impulsuri. Căldura dezvoltată de descărcările prin arc provoacă uscarea zonelor umede de la limita benzilor uscate și lățirea acestor benzi (uscate). Ca urmare, se modifică din nou repartiția tensiunii pe suprafața izolatoarelor și fenomenele se repetă în alte zone evoluînd spre intensificarea descărcărilor și extinderea lor peste benzi uscate din ce în ce mai mari. În acest proces contribuie și ionizarea aerului din jurul izolatoarelor provocată de descărcări. Descărcările prin arc pot să dispară sau să evolueze pînă la conturnarea izolatoarelor, respectiv a lanțurilor de izolatoare, funcție de conductivitatea stratului sau peliculei electrolitice de pe suprafața acestora și de bilanțul termoenergetic al proceselor ce se desfășoară pe izolatoare (cantitatea de apă depusă pe izolatoare față de cantitatea de apă vaporizată).

Analiza mecanismului de conturnare a izolatorului poluat conduce la următoarele concluzii :

— agenţii poluaţi sub formă de depuneri solide sau emanaţiile gazoase solubile în apă reduc nivelul de izolaţie al izolatorului numai în prezenţa umidităţii atmosferice staţionare, cum ar fi ceaţa, burniţa, roua, dezgheţul, care pătrunde în profunzimea stratului de depuneri fără să-l spele sau care creează soluţii electrolitice în atmosferă care se depun pe suprafaţa izolatorului gata formate ; acţiunea ploii are un efect diferit, spală în permanenţă suprafaţa izolatorului, producînd o curăţire şi răcire a acesteia şi împiedicînd în acest fel formarea benzilor uscate ;

— procesele care au loc pe suprafaţa izolatorului poluat se desfăşoară lent, în mai multe etape, avînd un pronunţat caracter termoenergetic, combinat cu efectul cîmpului electric. Diferenţa esenţială între solicitarea la tensiunea de serviciu a izolatorului curat şi cel poluat constă în faptul că izolatorul curat este solicitat doar la efectul cîmpului electric.

— solicitarea electrică cea mai periculoasă trebuie considerată tensiunea maximă de serviciu la care poate fi supus izolatorul ; supratensiunile de frecvenţă industrială care pot apare în reţelele de medie sau înaltă tensiune pot şi ele influenţa procesul de conturnare, odată fiind durata lor relativ lungă ; supratensiunile de comutaţie şi în special cele de origină atmosferică, nu afectează practic izolatorul poluat mai mult decît pe cel curat, ele avînd o durată mult prea scurtă ca să permită dezvoltarea procesului de conturnare ;

factorii care determină sau pot influenţa valoarea tensiunii de conturnare a izolatorului poluat trebuie consideraţi : valoarea conductivităţii stratului superficial, neuniformitatea straturilor de depuneri solide, linia de fugă, forma izolatorului, poziţia acestuia, starea suprafeţei izolatorului (curată, rugoasă, tratată cu unsori etc.).

Măsuri pentru prevenirea şi combaterea efectelor poluării. În prezent dispunem de o gamă relativ mare de măsuri profilactice care se pot aplica în instalaţiile electrice de înaltă tensiune din zonele poluate.

În principiu ele constau din :

— înlocuirea izolaţiei existente cu izolatoare de construcţie specială destinate zonelor poluate ;

— amplificarea izolaţiei existente de construcţie normală cu izolatoare de construcţie specială destinate zonelor poluate.

— tratarea izolaţiei cu unsori protectoare hidrofobe, siliconice sau minerale ;

— spălarea manuală cu apă, spirt sau solvenţi chimici a izolaţeiei cu instalaţia scoasă de sub tensiune ;

— spălarea cu jet de apă sub presiune, cu instalaţia sub tensiune sau scoasă de sub tensiune ;

Evident se pot utiliza şi combinaţii ale măsurilor prezentate. Fiecare din măsurile de mai sus are un anumit domeniu de utilizare şi o anumită eficienţă.

Dat fiind faptul că această problemă are o importanţă foarte mare pentru exploatarea instalaţiilor în funcţiune, se consideră necesar să se expliciteze fiecare din măsurile indicate.

Spălarea manuală cu apă curată sau spirt implică scoaterea instalaţiei de sub tensiune; ea este aplicabilă numai în staţiile poluate cu pulberi solubile în apă şi neaderente. Periodicitatea spălării este determinată de intensitatea depunerilor şi este în general practicată la intervale scurte, dar cel puţin o dată la 6 luni. Procedeul este realizabil în instalaţii electrice în care scoaterea de sub tensiune, parţială sau totală, se realizează uşor, fără să creeze prejudicii consumatorilor. El nu poate fi practicat la temperaturi sub 0°C.

Spălarea manuală a izolaţiei, cu scoaterea de sub tensiune, cu utilizarea unor solvenţi (acizi anorganici, spirt, tiner etc.), este utilizată în instalaţii poluate cu depuneri aderente insolubile. Pentru a fi eficient, procedeul trebuie aplicat de 2 ori pe an în instalaţii cu medii poluate. Este un procedeu greoi, foarte laborios, care necesită mult timp şi multă forţă de muncă.

Spălarea cu jet de apă sub presiune se practică în staţii cu instalaţia sub tensiune, poluate cu agenţi de poluare solubili şi neaderenţi, periodicitatea fiind determinată de intensitatea poluării. Procedeul implică instalaţii speciale de spălare (mobile sau fixe), apă de spălare de o anumită conductivitate (circa 400 µS/cm), eventual tratată, instalaţii de drenare a apei etc. Personalul operator este supus unor riscuri dacă nu se iau măsuri de protecţie speciale. Utilizarea procedeului pe timp de iarnă nu este posibil.

Amplificarea izolaţiei existente cu izolatoare de tip similar este un procedeu clasic utilizat pentru LEA şi izolatoare suport, eficient numai în cazurile unei poluări reduse. Utilizarea lui este limitată şi de gabaritele liniei sau de stabilitatea mecanică a izolatorului suport.

Tratarea cu unsori protectoare hidrofobe, siliconice sau minerale este un procedeu recunoscut pentru eficienţa sa, putînd fi utilizat în mod curent în staţii de 20—400 kV; în cazuri speciale poate fi utilizat pentru protejarea izolaţiei barelor sau LEA.

Înlocuirea izolaţiei existente cu izolatoare de construcţie specială destinate zonelor poluate este un procedeu foarte frecvent întîlnit şi eficient. El poate fi utilizat atît pentru LEA, cît şi pentru instalaţii de 20—400 kV în condiţii de poluare medie şi intensă.

3.9.3. EXPLOATARE. PRINCIPALELE DEFECȚIUNI ȘI REMEDIEREA LOR

Exploatarea izolatoarelor se execută concomitent cu exploatarea instalațiilor, echipamentelor sau aparatelor din care fac parte.

La preluarea în exploatare a instalațiilor, echipamentelor sau aparatelor, izolatoarelor se vor verifica vizual dacă nu prezintă următoarele defecțiuni:

— îmbinări necorespunzătoare pe suportul izolatorului în clemă, sau ale izolatoarelor în lanț;

— defecte de fabricație privind prelucrarea necorespunzătoare a masei izolante și prin urmare utilizarea la fabricarea izolatoarelor a unei mase izolante cu porozități;

— spărturi, fisuri în masa izolatoarelor;

— glazură deteriorată din cauza unor cauze mecanice;

— desprinderi ale capelor;

— murdărirea suprafețelor izolatorului.

Defecțiunile care pot să apară în timpul exploatării izolatoarelor sînt cele prezentate mai sus și, în plus, următoarele:

— defecte provenind din suprasolicitarea termică dată de arcul electric în urma conturnării izolatoarelor;

— glazură deteriorată cu urme de arc;

— despicări de izolatoare ca urmare a străpungerilor;

— îmbătrînirea izolatoarelor.

Remedierea defecțiunilor se execută după cum urmează:

— înlocuirea izolatoarelor cînd acestea prezintă fisuri, spărturi în masa izolantă, glazură deteriorată, spărturi ale marginilor, urme de arc pe suprafața izolatoarelor;

— remedierea defecțiunii cînd acestea sînt localizate la cleme sau în lanțul de izolatoare.

3.9.4. ÎNTREȚINERE, ÎNCERCĂRI ȘI MĂSURĂTORI ÎN EXPLOATARE

Lucrările de întreținere la izolatoare se execută concomitent cu lucrările de întreținere la instalațiile, echipamentele sau aparatele respective.

La liniile electrice aeriene, ca și la instalațiile și echipamentele electrice, normativul prevede lucrări de revizii tehnice (RT), reparații curente (RC) și reparații capitale (RK).

În principal, lucrările de revizii tehnice la izolatoare constau în următoarele:

— observarea şi depistarea diferitelor defecţiuni la izolatoare specificate la §3.9.3 şi remedierea deficienţelor;

— depistarea depunerilor de agenţi poluanţi pe izolatoare;

— curăţirea de agenţi poluanţi şi ungerea cu unsori hidrofobe a izolatoarelor.

În plus, se va analiza aspectul şi amploarea defecţiunilor, în vederea stabilirii cauzei defecţiunilor sistematice (exemplu, la liniile electrice aeriene), se vor lua măsuri de evitare a incidentelor şi deranjamentelor date de defecte sistematice şi se va stabili necesitatea şi volumul lucrărilor de reparaţii curente şi capitale.

În cadrul reparaţiilor curente şi capitale, în principal, se execută următoarele lucrări:

— înlocuirea izolatoarelor existente cu alte izolatoare cu caracteristici superioare;

— repararea izolatoarelor conform tehnologiei date de constructor, de exemplu izolatoarele de trecere tip condensator pentru transformatoarele şi autotransformatoarele 220—400 kV;

— înlocuirea accesoriilor izolatoarelor (cleme, armături etc.).

În cadrul lucrărilor de întreţinere se execută următoarele încercări şi măsurători:

— măsurarea rezistenţei de izolaţie a izolatoarelor umplute cu ulei, masă izolantă sau hîrtie;

— măsurarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice (tg δ) şi a capacităţii la izolatoarele umplute cu ulei, masă izolantă sau hîrtie;

Aceste încercări şi măsurători se execută la RC şi RK.

Funcţie de constatări şi de comportarea în exploatare, izolatoarele se pot încerca cu tensiune alternativă mărită la frecvenţa de 50 Hz ori de cîte ori necesităţile o cer.

Periodicitatea lucrărilor de întreţinere la izolatoare este identică cu periodicitatea lucrărilor de întreţinere la instalaţiile, echipamentele şi aparatele respective.

Tratarea izolaţiei poluate cu unsori hidrofobe constituie o măsură importantă de exploatare pentru protejarea împotriva efectelor poluării utilizată atît în ţara noastră cît şi pe plan mondial. În prezent în ţara noastră se utilizează două tipuri de unsori protectoare: siliconice tip NP 11, NP 12 (producţie R.D. Germană) şi minerale tip UPHT-2 (produsă în ţară). Unsoarea siliconică se foloseşte exclusiv pentru protejarea izolatoarelor din porţelan. Izolatoarele din sticlă călită nu se tratează cu unsoare siliconică, datorită pericolului degradării prin ero-

ziune a sticlei sub acțiunea descărcărilor electrice superficiale. În tabelul 3.9.2 sînt prezentate caracteristicile fizico-chimice ale celor două tipuri de unsori.

Tabelul 3.9.2

Caracteristicile fizico-chimice ale unsorilor protectoare

Caracteristicile unsorilor siliconice NP 11 și NP 12	
— Penetrație (1/10 mm)	280 (NP 11), 200 (NP 12)
— Densitate (g/cm³)	0,95...0,99
— Punct de picurare (°C)	max 250
— Extrudație de ulei la 175°C în 50 ore (%)	4
— Rezistență specifică la 20°C (Ω·cm)	10^{15}
— Rigiditate dielectrică (kV/cm)	cca 190
— Tangenta unghiului de pierderi dielectrice	$2\cdot10^{-4}$
— Permitivitate relativă la 800 Hz	2,8
Caracteristicile unsorii minerale UPIIT-2	
— Penetrație la 25°C (1/10 mm)	250—330
— Punct de picurare prin turnare (°C)	min 65
— Aderență 24 h/60°C (mg/cm²)	min 3
— Aciditate organică (mg KOH/g)	max 8
— Cenușă (%)	max 2
— Rezistivitate la 20°C (Ω·cm)	10^{14}
— Rigiditate dielectrică (kV/cm)	min 100

3.10. INSTALAȚII DE LEGARE LA PĂMÎNT

3.10.1. CONSIDERAȚII GENERALE

Instalațiile de legare la pămînt sînt destinate unor funcții multiple în stațiile electrice și posturile de transformare, printre care se pot enumera următoarele:

a) asigurarea securității personalului de deservire sau a altor persoane care ating diferite carcase, elemente de susținere sau de îngrădire a instalațiilor și echipamentelor care pot intra accidental sub tensiune; se urmărește realizarea deconectării rapide a sectorului în care a avut loc defectul și limitarea tensiunilor de atingere și de pas sub valorile maxime admise;

b) stabilirea potențialelor față de pămînt a unor puncte aparținînd circuitelor normale de lucru, ca de exemplu legarea la pămînt a punctelor neutre a unor rețele trifazate, a punctelor unor transformatoare de măsură, etc. ;

c) crearea unor circuite pentru funcționarea protecției împotriva punerilor la pămînt în rețele ;

d) realizarea protecției împotriva supratensiunilor atmosferice sau datorită unor cauze interne (de exemplu, supratensiuni de comutație) ;

e) legarea la pămînt a unor elemente, făcînd parte din circuitele curenților de lucru ale instalației, scoase de sub tensiune pentru lucrări, în vederea descărcării de sarcinile capacitive și pentru evitarea apariției unor tensiuni periculoase (neprevăzute) în timpul executării lucrării.

Instalațiile de legare la pămînt destinate scopurilor de mai sus se încadrează în următoarele patru categorii :

— instalații de legare la pămînt de protecție împotriva electrocutărilor (cele de la pct. a și e) ;

— instalații de legare la pămînt de exploatare (cele de la pct. b și c) ;

— instalații de legare la pămînt de protecție împotriva supratensiunilor (cele de la pct. d) ;

— instalații de legare la pămînt folosite în comun pentru protecție și pentru exploatare.

În cele mai numeroase cazuri, condițiile cele mai grele de dimensionare rezultă pentru instalațiile de legare la pămînt de protecție împotriva electrocutărilor.

În marea majoritate a cazurilor întîlnite în practică, instalațiille de legare la pămînt sînt folosite în comun, iar dimensionarea lor este determinată de protecția împotriva electrocutărilor.

3.10.2. CURENTUL ELECTRIC ȘI EFECTELE LUI ASUPRA ORGANISMULUI OMENESC. NECESITATEA INSTALAȚIEI DE LEGARE LA PĂMÎNT

Se știe că, începînd de la o anumită valoare, curentul electric (respectiv tensiunea electrică) prezintă un mare pericol pentru organismul uman.

Pentru a realiza protecția împotriva efectelor periculoase ale curentului electric asupra omului „Normativele republicane de protecția muncii", STAS 2612, precum și normativele CEI (Comitetul Electrotehnic Internațional) prevăd valori-limită pentru curentul și tensiunea electrică, valori dependente de durata acțiunii acestora asupra corpului omenesc.

Pentru a nu se depăşi aceste valori-limită de periculozitate, toate instalaţiile electrice se prevăd cu instalaţii de legare la pămînt.

Valorile-limită de periculozitate pentru curentul şi tensiunea electrică sînt condiţionate de: tipul instalaţiei electrice (de joasă sau de înaltă tensiune), de protecţia instalaţiei (deci de timpul de deconectare), de plasamentul instalaţiei (teran, subteran) şi de tipul de utilaj (fix sau portativ). Aceste elemente determină valorile-limită de periculozitate pentru curentul şi tensiunea electrică şi de aici rezultă alegerea soluţiei practice de realizare a instalaţiei de legare la pămînt.

Efectele curentului electric asupra organismului omenesc sînt mai mari în cazul în care curentul electric trece prin corpul omenesc pe calea: mîini-picioare (rezistenţa corpului, circa 650 Ω) decît pe calea mînă-picior (rezistenţa corpului omenesc, circa 975 Ω) sau mînă-mînă (rezistenţa corpului omenesc de circa 1 300 Ω). Deci calea de curent are o influenţă hotărîtoare în cazul accidentelor prin electrocutare.

Frecvenţa influenţează efectele pe care le poate produce curentul electric asupra corpului omenesc. Experienţele au arătat că domeniul de frecvenţă 10—600 Hz (în particular frecvenţa curentului industrial de 50 Hz) este domeniul cel mai periculos pentru accidente produse prin electrocutare.

Rezultă că pentru a proteja omul de efectele periculoase ale curentului electric este strict necesar să se prevadă echipamentele electrice cu instalaţii de legare la pămînt.

3.10.3. ELEMENTELE COMPONENTE ALE INSTALAŢIILOR DE LEGARE LA PĂMÎNT

În conformitate cu STAS 7334, o instalaţie de legare la pămînt la o staţie electrică sau post de transformare este constituită din (fig. 3.10.1):

— prize de pămînt;

— reţeaua conductoarelor principale de legare la pămînt;

— conductoarele de ramificaţie racordate la conductoarele principale;

— legăturile dintre reţeaua conductoarelor principale şi prizele de pămînt, prevăzute cu piesele de separaţie necesare pentru verificări.

Piesele de separaţie pentru măsurări se montează între conductoarele principale (sau de ramificaţie) şi priza de pămînt artificială.

Dacă electrozii prizelor destinate dirijării distribuţiei potenţialelor constituie şi conductoare principale de legare la pămînt, piesele de

separație pentru măsurări se montează între aceștia și priza de pămînt artificială.

Rețeaua conductoarelor principale se va racorda la priza (prizele) de pămînt prin cel puțin două legături separate. Excepție fac prizele de pămînt naturale singulare, care se pot lega la conductoarele principale printr-o singură legătură.

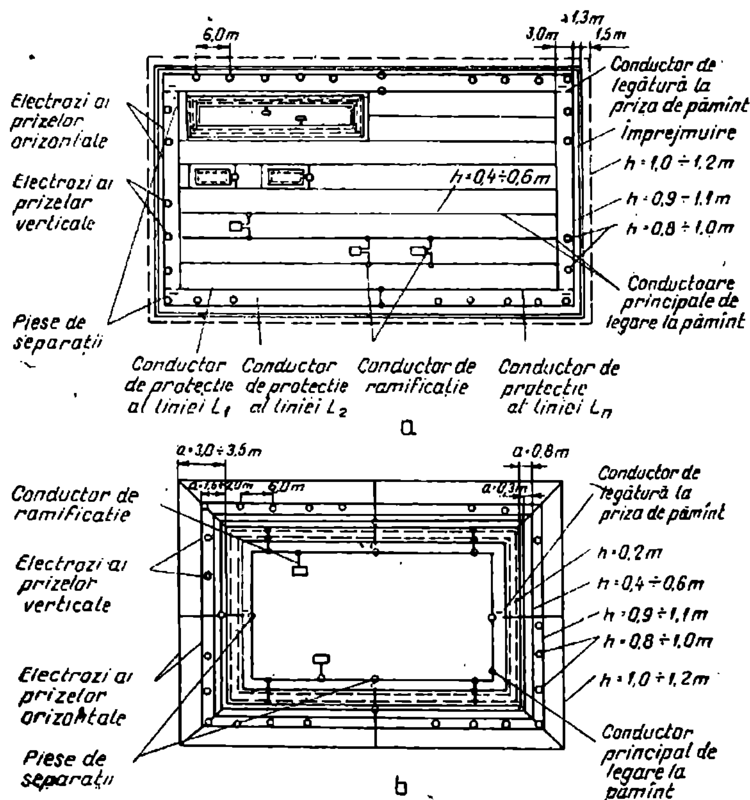


Fig. 3.10.1. Realizarea instalațiilor de legare la pămînt la stații: *a* — exterioară; *b* — interioară.

Legarea la pămînt urmează să fie realizată pentru toate elementele metalice care nu fac parte din circuitele curenților de lucru, dar care, în mod accidental, ar putea intra sub tensiune printr-un contact direct, prin defecte de izolație sau prin intermediul unui arc electric, cum sînt:

— carcasele echipamentelor și elementele metalice sau de beton armat de susținere a acestora (inclusiv tuburile metalice de protecție a conductoarelor electrice) ;

— îngrădirile de protecție, atît cele fixe cît și cele mobile (demontabile), dacă nu au o legătură electrică sigură în exploatare cu alte elemente legate intenționat la pămînt (prin sudare sau înșurubare asigurată) ;

— elementele metalice, inclusiv armăturile metalice ale construcțiilor de beton armat ale clădirilor, în care sînt amplasate instalații electrice și care pot fi atinse din interiorul sau exteriorul încăperii respective ; se au în vedere în special instalațiile de înaltă tensiune, unde ramificații importante ale curenților de defect se pot scurge în pămînt prin astfel de elemente, precum și faptul că prin racordarea acestora la instalația de legare la pămînt generală se evită diferențe de potențiale periculoase în incinta instalației respective ;

— părțile metalice ale stîpilor (inclusiv armăturile metalice ale stîlpilor de beton armat) pe care există aparataj electric ; se leagă, de asemenea, la pămînt stîlpii metalici și de beton armat fără aparataj, care se află în zone cu circulație frecventă de persoane în apropiere ; prin aparataj electric se înțelege unul sau mai multe echipamente din următoarele categorii : transformatoare de forță sau de măsură, bobine, condensatoare, descărcătoare, siguranțe, întreruptoare, separatoare etc. ;

— suporturile de fixare ale izolatoarelor la intrările conductoarelor în clădiri și armăturile (flanșele metalice) izolatoarelor de trecere prin pereți, este, de asemenea, necesar ca plăcile din material izolant destinate traversării conductoarelor prin perete să fie încadrate (individual sau în comun) de către o ramă metalică legată la pămînt :

— armăturile și învelișurile metalice ale cablurilor electrice, atît ale celor de energie (forță și lumină), cît și ale celor de control, comandă, teletransmisii etc., acestea din urmă în special pentru egalizarea potențialelor în instalație ;

— elementele de acționare a aparatelor ; se exceptează desigur cele din material izolant corespunzător tensiunii nominale de serviciu a instalației ;

— conductoarele de protecție ale liniilor electrice aeriene cu stîlpi metalici sau din beton armat, precum și descărcătoarele de orice tip ;

— bornele speciale destinate legăturilor la pămînt ale transformatoarelor de măsură și care sînt marcate cu semnul legăturilor la pămînt.

Ca regulă generală, fiecare obiect în parte se racordează la instalația de legare la pămînt de protecție printr-o ramificație separată, individuală ; nu se acceptă legarea între ele a două sau mai multor obiecte și numai a unuia dintre acestea la instalația de legare la pămînt de

protecţie. Nu este obligatorie racordarea directă la instalaţia de legare la pămînt prin conductor de ramificaţie individual a următoarelor categorii :

— carcasele metalice ale utilajelor şi ale aparatelor electrice montate pe panouri, tablouri, pupitre sau alte construcţii metalice sau de beton armat, dacă sînt în contact electric permanent de rezistenţă neglijabilă (prin sudură sau înşurubări asigurate) cu elemente de susţinere, iar acestea din urmă sînt legate la pămînt prin ramificaţii separate ;

— suporturile sau armăturile metalice ale izolatoarelor, traversele şi consolele aflate prin construcţie în contact electric cu stîlpul metalic sau cu armătura metalică a stîlpului de beton armat, care se leagă obligatoriu la pămînt în condiţiile arătate mai sus.

Nu este obligatorie legarea la pămînt a suporturilor sau a armăturilor izolatoarelor, a traverselor, consolelor şi a corpurilor de iluminat montate pe stîlpi de lemn sau alte construcţii din lemn ale liniilor sau staţiilor electrice exterioare, dacă se îndeplinesc următoarele condiţii : legarea acestor elemente la pămînt nu este condiţionată de protecţia împotriva supratensiunilor atmosferice, porţiunea de stîlp dintre ele şi sol nu este şuntată prin elemente conducătoare (cum ar fi învelişul metalic al unui cablu, tubul de protecţie metalic al unor conductoare etc.), iar stîlpul nu se află la o încrucişare aeriană cu altă linie.

Nu este, de asemenea, obligatorie legarea la pămînt a obiectelor aparţinînd instalaţiilor şi echipamentelor electrice cu tensiuni nominale pînă la cel mult 380 V curent alternativ (între faze) şi 440 V curent continuu, dacă se respectă următoarele condiţii :

— obiectele respective se află în încăperi cu grad mic de pericol, caracterizate prin aceea că sînt uscate (umiditate relativă sub 75%), sînt încălzite şi ventilate (temperaturi de 15°C), sînt prevăzute cu pardoseli uscate izolante (ca, de exemplu, cele din lemn, asfalt etc.) sau sînt acoperite cu materiale electroizolante verificate periodic ;

— distanţa minimă pe orizontală între carcasele sau elementele metalice de susţinere a echipamentelor electrice, precum şi cea dintre acestea şi alte obiecte metalice în contact cu pămîntul, conducte de apă sau gaze, elemente de calorifer etc. este de 0,8 m, în cazul locuinţelor şi ale încăperilor social-administrative şi de 1,25 m, pentru încăperile industriale.

În fig. 3.10.2 şi 3.10.3 sînt arătate exemple de trasee pentru legarea la pămînt într-o celulă de medie tensiune dintr-o staţie electrică şi respectiv dintr-un post de transformare.

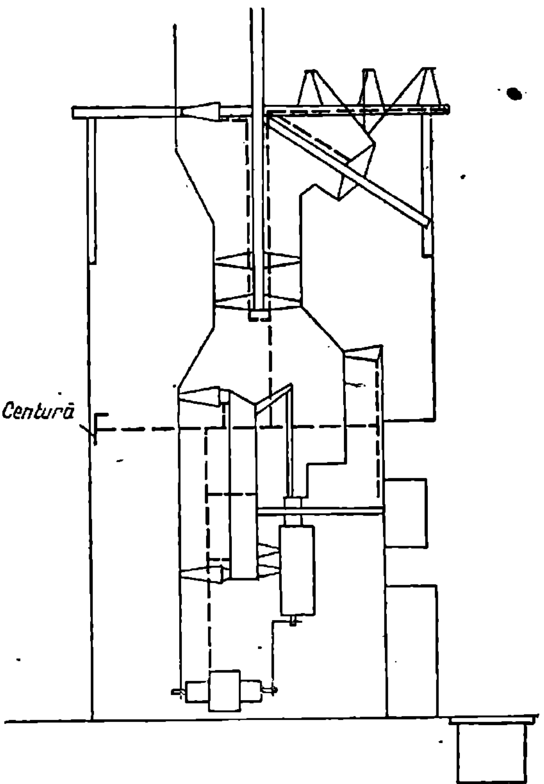


Fig. 3.10.2. Traseu pentru legarea la pămînt în celulă de stație.

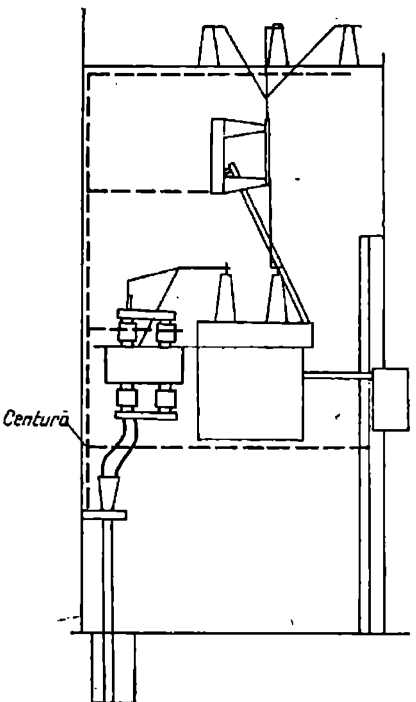


Fig. 3.10.3. Traseu pentru legarea la pămînt în celulă de post de transformare.

3.10.4 DISTRIBUȚIA POTENȚIALELOR, TENSIUNI DE ATINGERE ȘI TENSIUNI DE PAS

Dacă unei prize de punere la pămînt formate dintr-un singur electrod i se aplică o tensiune electrică, are loc o scurgere de curent prin electrod în pămînt. Ca urmare, fiecare punct din jurul electrodului capătă un potențial cu atît mai mare cu cît distanța punctului față de electrod este mai mică.

Pentru exemplificare, în fig. 3.10.4 se arată distribuția potențialelor pentru un electrod vertical, menționînd că forma curbei este aceeași și în cazul altor tipuri de electrozi. În figură s-a notat cu dV diferența de potențial dintre două puncte.

În cazul racordării obiectelor care pot intra accidental sub tensiune la o instalație de legare la pămînt, tensiunile de atingere și de pas se definesc ca o parte a tensiunii totale a instalației de legare la pămînt. Prin *tensiunea insalației de legare la pămînt* U_p se înțelege tensiunea acesteia față de zona de potențial nul, la trecerea prin instalație a unui curent electric.

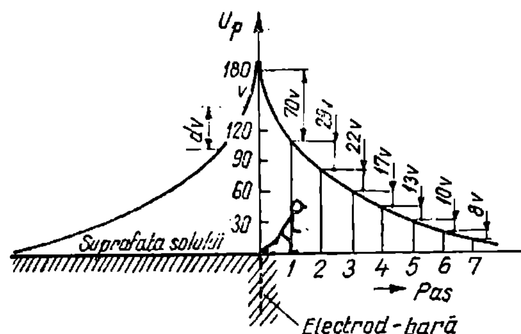


Fig. 3.10.4. Distribuția potențialelor în jurul unei prize de pămînt formate dintr-un electrod vertical: $U_p = 180$ V, mărimea pasului = 0,6 m.

Prin *tensiune de atingere* U_a se înțelege partea din tensiunea unei instalații de legare la pămînt la care este supus omul aflat la o distanță de 0,8 m față de obiectul atins ; în cazul verificărilor prin măsurări, distanța față de obiect se consideră cel puțin egală cu 1 m. În mod analog, prin *tensiunea de pas* U_{pas} se înțelege partea din tensiunea instalației de legare la pămînt la care este supus omul cînd atinge două puncte de pe sol (pardoseală) aflate la o distanță de 0,8 m ; la verificările prin măsurări lungimea unui pas se consideră egală cu 1 m.

Tensiuni de atingere şi de pas admisibile. În cazul protecţiei împotriva electrocutărilor prin atingere indirectă, atingerea unui obiect conductiv intrat accidental sub tensiune datorită unui defect în instalaţie (deteriorarea instalaţiei, conturnarea de izolatoare etc.), prevederile în vigoare impun limite maxime admise pentru tensiunile de atingere şi

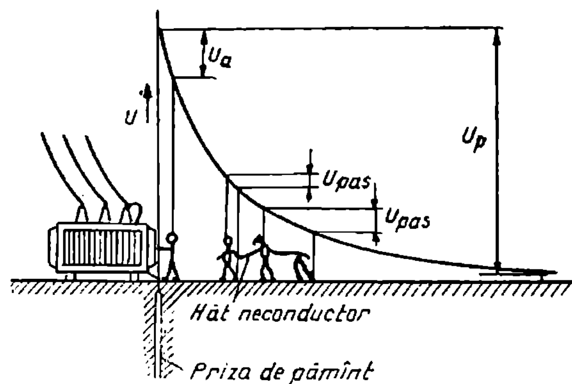


Fig. 3.10.5. Distribuţia potenţialelor, tensiunea de atingere, tensiunea de pas şi tensiunea prizei de pămînt:
U_a — tensiunea de atingere;
U_{pas} — tensiunea de pas;
U_p — tensiunea prizei de pămînt.

pentru tensiunile de pas. La stabilirea acestor limite s-a avut în vedere ca tensiunea la care este supus omul să nu atingă valori periculoase.

În conformitate cu STAS 2612 şi STAS 7334, în tabelele 3.10.1...3.10.3 se dau tensiunile de atingere U_a şi de pas U_{pas} maxime admise (în V) pentru:

instalaţii de joasă tensiune de c.a., pînă la 1 000 V (tabelul 3.10.1);

Tabelul 3.10.1

Tensiunea de atingere şi de pas maxime admisibile pentru instalaţiile de joasă tensiune în curent alternativ

Nr. crt.	Locul de utilizare	Categoria utilajelor	Mediul					
			puţin periculos		periculos		foarte periculos	
			timpul de deconectare					
			≤3 s	>3 s	≤3 s	>3 s	≤3 s	>3 s
1	La suprafaţă	fixe şi mobile	65	10	65	10	10	10
		portative	65	10	21	24	21	21
2	În subteran	toate	—	—	24	24	24	24

— instalații de joasă tensiune în c.c. (tabelul 3.10.2);

Tabelul 3.10.2

Tensiunea de atingere și de pas maxime admisibile de joasă tensiune în curent continuu

Nr. crt.	Locul de utilizare	Categoria utilajelor	Mediul: puțin periculos, timpul de deconectare ≤3 s	Mediul: puțin periculos, timpul de deconectare >3 s	Mediul: periculos, timpul de deconectare ≤3 s	Mediul: periculos, timpul de deconectare >3 s	Mediul: foarte periculos, timpul de deconectare ≤3 s	Mediul: foarte periculos, timpul de deconectare >3 s
1	La suprafață	fixe și mobile	110	65	110	65	65	65
		portative	110	65	24	24	24	24
2	În subteran	toate	—	—	24	24	24	24

— instalații și echipamente electrice cu tensiune nominală de lucru de 1 000 V și peste 1 000 V (tabelul 3.10.3).

Tabelul 3.10.3

Tensiunea de atingere și de pas maxime admisibile pentru instalațiile cu tensiunea nominală de lucru de 1 000 V și peste 1 000 V

Nr. crt.	Locul de utilizare	Timpul de declanșare la intensitatea maximă admisă a curentului de punere la pămînt: ≤0,2 s	0,3 s	0,4 s	0,5 s	0,6 s	0,7 s	0,8...3s	>3 s
1	În zone cu circulație frecventă	125	100	85	80	76	70	65	40
2	În zone cu circulație redusă	250	200	165	150	140	130	125	125
3	În zone cu circulație redusă, cu folosirea mijloacelor de protecție izolante	500	400	380	300	280	260	250	250

Prin instalație sau echipament electric din zonă cu circulație redusă se înțelege instalația sau echipamentul electric îngrădit în care are acces numai personalul de deservire special instruit; de exemplu, stațiile și posturile de transformare.

În cazul acestor instalații electrice specifice (stații și posturi de transformare) se pot folosi în comun instalațiile de legare la pămînt, cu condiția respectării tensiunilor de atingere și de pas admise pentru instalațiile de înaltă tensiune (STAS 7334).

În cazul tuturor posturilor de transformare la care se folosește în comun instalația de legare la pămînt, precum și în cazul posturilor de transformare la care se realizează separarea între instalațiile de lagare la pămînt de pe partea de înaltă și de joasă tensiune și care se află în zone cu circulație frecventă, rezistența instalației de legare la pămînt va fi mai mică sau cel mult egală cu 4Ω, cu respectarea tensiunilor de atingere și pas și a condițiilor de stabilitate termică.

În cazul în care această valoare nu poate fi obținută în condiții economice, se vor lua concomitent următoarele măsuri:

— instalația de legare la pămînt pe partea de înaltă tensiune se va separa de cea de pe partea de joasă tensiune;

— rezistența maximă a instalației de legare la pămînt pe partea de înaltă tensiune va fi de 10Ω;

— protecția împotriva supratensiunilor atmosferice la partea de înaltă tensiune va fi asigurată cu descărcătoare cu rezistența variabilă (DRV).

Instalațiile de legare la pămînt se vor putea realiza numai cu ajutorul prizelor de pămînt naturale, dacă este posibil să se obțină în modul acesta tensiunile de atingere și de pas admise și dacă se respectă condițiile de stabilitate termică.

3.10.5. VERIFICĂRI ÎN INSTALAȚIILE DE LEGARE LA PĂMÎNT

Verificările în instalațiile de legare la pămînt cuprind următoarele lucrări:

a) Revizia exterioară a instalațiilor. Această operație constă din:

— cercetarea atentă a fiecărei legături și îmbinări;

— curățirea contactelor imperfecte;

— strîngerea buloanelor de legătură;

— revopsirea de protecție anticorosivă.

b) Verificarea stării instalației de legare la pămînt. Această operație constă din:

— verificarea locală prin dezgropare a prizei în zone caracteristice din sol (îmbinări, suduri, coborîri) și verificarea gradului de coroziune a electrozilor;

— verificarea legăturilor între elementele instalației de legare la pămînt (continuitatea legăturilor electrice de la utilaj la priză).

c) Măsurarea rezistenței de dispersie a instalației de legare la pămînt.

d) Măsurarea tensiunilor de atingere și de pas în zona instalației și în apropierea unor obiecte metalice lungi, care ies de pe teritoriul instalației (conducte, căi ferate etc.).

e) Măsurarea rezistivității solului pentru verificarea stabilității termice a prizei.

Metode de verificare

— Revizia exterioară a instalațiilor se face la toate porțiunile supraterane ale instalației, folosind utilajele necesare (chei, perii de sîrmă, pensule etc.).

— Verificarea locală prin dezgropare a prizelor se face la un număr de 2% din coborîrile de la aparatele unei stații, post de transformare sau punct de alimentare la priză. Cu această ocazie se verifică gradul de coroziune prin măsurarea adîncimii de pătrundere a coroziunii cu instrumente obișnuite.

— Verificarea legăturilor între elementele instalației de legare la pămînt se face cu ohmetrul sau cu metoda voltampermetrică în curent alternativ, cu un curent minim de 20 A. Diferențele între valorile măsurate la diferite ramificații (utilaje) nu vor depăși $\pm 10\%$.

— Măsurarea rezistenței de dispersie se face prin metoda ampermetru-voltmetru (în curenți tari) sau prin metoda compensării cu puntea Behrend (în curenți slabi). Valoarea rezistenței de dispersie măsurată de la oricare din utilajele legate la pămînt nu trebuie să depășească valoarea maximă indicată în documentația de execuție.

— Măsurarea tensiunilor de atingere și de pas se face prin ridicarea curbelor de distribuție a potențialului.

— Măsurarea rezistivității solului se execută prin metoda electrodului auxiliar sau prin metoda celor patru electrozi.

Înainte de darea în exploatare a oricărei instalații de legare la pămînt, se va executa verificarea acesteia, pe baza documentației de proiectare și a procesului verbal de lucrări ascunse.

Revizia exterioară a instalațiilor de legare la pămînt se va face cu ocazia reviziilor întregii instalații electrice din care face parte.

Periodic, la termenele indicate mai jos, se vor executa :

— verificarea locală prin dezgropare ;

— măsurarea rezistenței de dispersie a instalației de legare la pămînt.

Periodicitățile de executare a acestor lucrări sînt următoarele:

Pentru stații

— măsurarea rezistenței de dispersie — o dată la cinci ani, de preferință vara în perioada solului uscat;

— verificarea locală prin dezgropare — o dată la zece ani.

Pentru posturi de transformare și puncte de alimentare măsurarea rezistenței de dispersie se va executa împreună cu verificarea locală prin dezgropare, o dată la zece ani.

Pentru prizele din instalațiile de joasă tensiune din cadrul protecției prin legare la pămînt sau la nul, măsurarea rezistenței de dispersie se va executa o dată la doi ani, cu excepția instalațiilor din medii foarte periculoase (la care se face anual) și a instalațiilor subterane (la care se face de două ori pe an).

Prizele de pămînt naturale se verifică în conformitate cu tehnologia și la termenele prevăzute pentru elementele ce se folosesc ca priză naturală (conducte, construcții, cabluri).

Fundațiile armate nu necesită verificări.

Pentru prizele de pămînt supuse la coroziuni puternice precizate de organele de exploatare, durata între verificări va fi mai redusă și se va stabili prin instrucțiuni interne.

Se recomandă ca instalațiile de legare la pămînt din canalele de cabluri, din zona instalațiilor de epurare chimică etc. să fie verificate mai frecvent decît cele din sol obișnuit, coroziunea lor fiind de obicei mai puternică.

Remedieri. La revizia instalațiilor se vor proteja împotriva coroziunii piulițele, șaibele, buloanele și benzile în zona de îmbinare la aparate, prin ungere cu vaselină de protecție, făcîndu-se în prealabil o curățire atentă a acestor elemente.

Defectele descoperite la verificări se vor repara imediat.

Dacă în timpul remedierii se folosește completarea prizei, porțiunile adăugate prin sudură se vor proteja în mod obligatoriu împotriva coroziunii.

În cazul în care în urma măsurărilor se impune îmbunătățirea prizelor de pămînt, se recomandă folosirea bentonitei. Se pot adăuga și electrozi auxiliari plantați în bentonită. În acest caz se folosește tehnologia recomandată în instrucțiunile de proiectare și execuție a prizelor de pămînt cu bentonită.

Verificarea în exploatare a prizelor de pămînt îmbunătățite cu bentonită se face în mod asemănător ca la prizele obișnuite.

3.11. BOBINE DE REACTANȚĂ

3.11.1. CONSIDERAȚII GENERALE

În rețelele electrice moderne puternic dezvoltate, curenții de scurtcircuit pot atinge valori mari, care prin efectele lor termice și electrodinamice ridică probleme în alegerea, dimensionarea și funcționarea aparatelor de comutație primară și a căilor de curent.

În condițiile existenței unor puteri de scurtcircuit mari în rețelele electrice, se impune limitarea curenților de scurtcircuit.

Obținerea unei puteri de scurt circuit reduse duce la :

— micșorarea posibilității de apariție a defectelor la echipamentele electrice în cazul scurtcircuitelor ;

— realizarea unor scheme electrice optime din punct de vedere al costului instalațiilor ;

— fiabilitate ridicată a echipamentelor.

Limitarea curenților de scurtcircuit se obține prin alegerea unor scheme electrice de conexiuni corespunzătoare instalației și prin mărirea pe cale artificială a impedanței circuitului parcurs de curentul de scurtcircuit.

Măsura de limitare a curenților de scurtcircuit pînă la valori admise de aparatajul de comutație constă în montarea în serie pe cele trei faze a unor reactanțe inductive numite *bobine de reactanță*.

Bobinele de reactanță asigură menținerea unui nivel de tensiune la bornele stației de transformare în caz de scurtcircuit în rețea. Astfel, în caz de scurtcircuit pe o linie oarecare, tensiunea pe bare și deci și la celelalte linii care pleacă de la bară nu coboară excesiv și rămîne la un nivel, numit tensiune remanentă, care asigură funcționarea fără întrerupere a consumatorilor. Valoarea maximă a tensiunii remanente pe care trebuie să o asigure bobina de reactanță pe bare la un scurtcircuit pe linie este 0,7 U_n. Această tensiune asigură menținerea în funcțiune a motoarelor electrice.

Bobina de reactanță se caracterizează prin următorii parametrii : tensiunea nominală U_n, curentul nominal I_n, reactanța nominală pe fază X_n, reactanța nominală pe fază în mărimi relative, raportată la reactanța nominală, X_{r*}

$$X_r = \omega L\ [\Omega] ;$$

L — inductanța unei faze a bobinei de reactanță ;

$$X_{r*} = X_r \frac{\sqrt{3}\, I_n}{U_n} 100\ [\%]$$

Inductanța bobinei de reactanță este funcție de parametrii geometrici ai bobinei : înălțime, diametru ,număr de spire.

Bobina de reactanță limitează curentul de scurtcircuit prin însumarea reactanței inductive relativ mare la reactanța circuitului, făcînd să crească impedanța pînă la locul de defect :

$$I_k = \frac{U}{Z_k}$$

Z_k — impedanța pînă la locul defect.

Repartiția pierderii de tensiune în circuit în regim normal și în regim de defect este reprezentată în fig. 3.11.1.

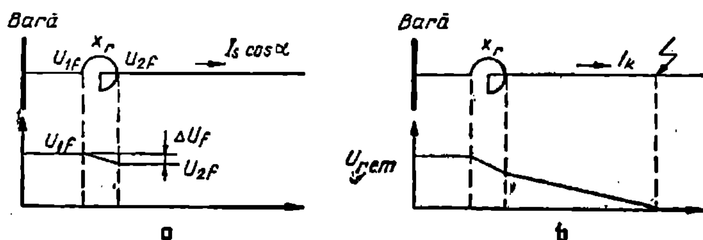


Fig. 3.11.1. Repartiția pierderii de tensiune în circuitul unei bobine de reactanță :
a — în regim normal ; *b* — în regim de defect.

În regim normal de funcționare are loc o pierdere de tensiune foarte mică în bobina de reactanță datorită curentului de sarcină. La defect, din cauza curentului de scurtcircuit, pierderea de tensiune principală are loc în bobine de reactanță fapt care permite menținerea pe bare (în amonte de bobină) a unei tensiuni remanente suficient de mari.

Reactanța procentuală a bobinelor de reactanță montate pe plecările liniilor în cablu este de regulă de maximum 6...8%, iar reactanța procentuală a bobinelor de reactanță destinate să secționeze barele colectoare atinge 12%.

În regim normal de funcționare pierderea de tensiune în bobinele de reactanță este dată de diferența, în modul, între tensiunea pe fază dinainte și după bobina de reactanță :

$$\Delta U_f = U_{1f} - U_{2f}$$

în care U_{1f}, U_{2f} — tensiunea dinainte respectiv după bobina de reactanță.

$$\Delta U_f = X_{r*} \frac{I_s}{I_{rn}} \sin \varphi$$

unde I_s este curentul de sarcină maxim ;
I_{rn} — curentul nominal al bobinei de reactanță ;
φ — defazajul rețelei (după bobina de reactanță).

Considerînd un scurtcircuit trifazat net pe o linie electrică, tensiunea la locul de defect este egală cu zero. Are loc o pierdere de tensiune mică în conductoarele liniei și o pierdere de tensiune în bobina de reactanță, care este cea mai mare și care determină de fapt tensiunea remanentă pe barele colectoare. Cu cît tensiunea remanentă este mai mare, cu atît scurtcircuitul influențează mai puțin funcționarea consumatorilor de pe liniile fără defect racordate la aceeași bară colectoare.

La un scurtcircuit care are loc după bobina de reactanță pe linie, tensiunea remanentă de la barele colectoare este egală cu :

$$U_{rem}' = X_{r*} I_{rn} \ [\%]$$

În regim normal de funcționare pierderile de tensiune în bobina de reactanță nu trebuie să depășesacă 1...1,5% dacă la consumatori sînt instalații de compensare a factorului de putere, respectiv 2...3% dacă la consumatori nu sînt instalații de compensare a factorului de putere.

Pentru reducerea pierderilor de tensiune se utilizează bobine de reactanță *jumelate* (cu priză mediană). Aceasta este o bobină de reactanță obișnuită, la care s-a scos o priză la mijlocul înfășurării. Bobina de reactanță jumelată se caracterizează prin următorii parametrii : tensiunea nominală U_n, curentul nominal $2 \times I_n$, reactanța în mărimi relative raportată la reactanța nominală a unei ramuri a bobinei de reactanță, în procente X_{r*} și coeficientul de cuplaj magnetic dintre cele două ramuri ale bobinei de reactanță :

$$K = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} = \frac{M}{L}$$

În funcție de regimul de funcționare (valoarea și sensul curenților prin ramurile bobinei de reactanță), reactanța rezultantă variază substanțial. Se deosebesc următoarele regimuri de funcționare ale bobinei de reactanță fig. 3.11.2 : o singură ramură conectată, regimul de trecere (ambele ramuri conectate), regimul longitudinal, regimul combinat.

Din punct de vedere al amplasamentului în schemele electrice, bobinele de reactanță sînt pentru linii și pentru bare.

Bobinele de reactanță pentru linii sînt destinate să limiteze curentul de scurtcircuit pe linia protejată și să mențină la un anumit nivel tensiunea în instalațiile din amonte.

Bobinele de reactanţă pentru bare se racordează între secţiile de bare sau la secţiile de bare şi limitează curentul de scurtcircuit al întregii instalaţii.

În fig. 3.11.3 sînt prezentate schemele electrice de montare a bobinelor de reactanţă pentru bare şi pentru linii.

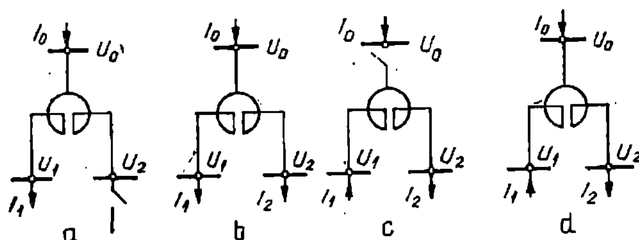


Fig. 3.11.2. Bobina de reactanţă jumelată — regimuri de funcţionare :

a — o singură ramură conectată ; *b* — regimul de trecere ; *c* — regimul longitudinal ; *d* — regimul combinat.

În fig. *a* bobina de reactanţă este conectată în serie cu barele colectoare ale celor două surse. Presupunînd că sarcina este repartizată uniform pe cele două secţii, rezultă că în regim normal de funcţionare prin bobina de reactanţă circulaţia de curent este foarte mică, iar pierderile de putere şi energie în bobină sînt mici. Bobina de reactanţă va limita curenţii de scurtcircuit din reţea (K_1), de pe barele colectoare ale sursei (K_2) din circuitul sursei (K_3).

În fig. *b* bobina de reactanţă va limita puterea de scurtcircuit pe barele staţiei. Bobina de reactanţă montată în circuitul transformatorului limitează curenţii de scurtcircuit în reţea (K_1) sau pe bare (K_2), iar întreruptorul va declanşa la curenţii de scurtcircuit astfel limitaţi. În acest caz aparatele de comutaţie de medie tensiune pot fi alese pentru curenţii de scurtcircuit, mai scăzuţi.

În schema din fig. *c* bobina de reactanţă este jumelată, fiind folosită pentru limitarea puterii de scurtcircuit pe barele staţiei. Bobina de reactanţă se foloseşte şi în cazul în care curentul de durată al circuitului este mai mare decît curentul nominal al bobinei de reactanţă cu o singură înfăşurare.

În schema din fig. *d* bobina de reactanţă de linie este conectată în serie cu circuitul plecării în cablu. Bobina de reactanţă limitează curenţii de scurtcircuit care apar pe linie (K_1). Bobina de reactanţă de linie nu limitează curenţii de scurtcircuit în cazul scurtcircuitului de pe barele colectoare ale staţiei (K_2) sau în circuitul sursei (K_3).

În schema din fig. *e*, în cazul unui scurtcircuit (K_1) întreruptorul va declanşa la curentul de scurtcircuit limitat de bobina de reactanţă. Scurtcircuitul (K_2) se consideră în bobina de reactanţă şi ca atare întreruptorul va declanşa la un curent de scurtcircuit nelimitat de aceasta.

La alimentarea unor consumatori de mare putere se utilizează bobine de reactanţă cu plecări jumelate (doi fideri), ca în schema din fig. *f*.

În cazul unor consumatori importanţi, pe fiecare plecare se montează cîte un separator, care permite ca în cazul avarierii uneia dintre plecări aceasta să fie separată, iar alimentarea consumatorilor să fie preluată de plecarea neavariată.

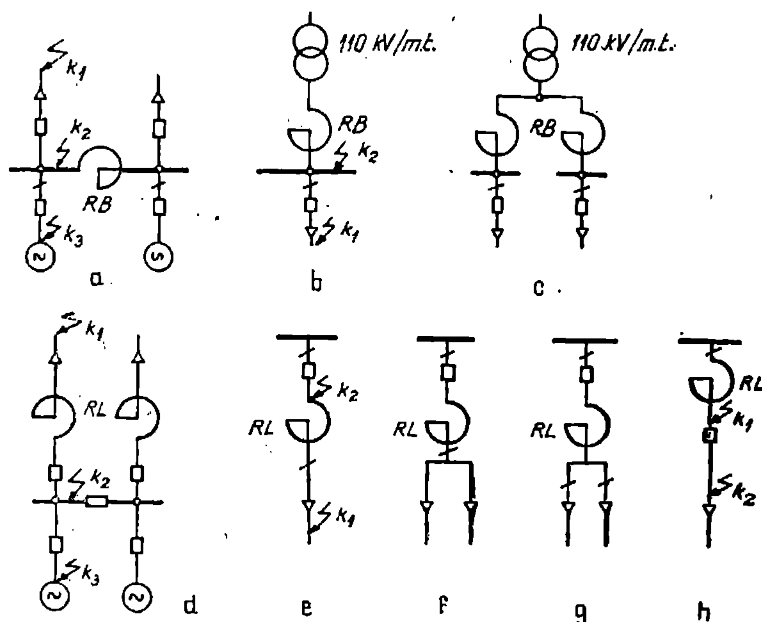


Fig. 3.11.3. Schemele electrice de montare a bobinelor de reactanţă.

În schema din fig. *h* bobina de reactanţă este amplasată înaintea întreruptorului. La un scurt circuit în K_1 sau K_2 întreruptorul va declanşa la curenţii de scurtcircuit limitaţi de bobină. Schema oferă posibilitatea alegerii unor aparate de comutaţie pentru puteri de scurtcircuit mai scăzute. Dezavantajul unui asemenea amplasament constă în faptul că în cazul unui scurtcircuit în K_1, în afara declanşării întreruptorului propriu va declanşa şi întreruptorul circuitului din amonte, spre sursă.

3.11.2. TIPURI CONSTRUCTIVE

Bobina de reactanţă este o bobină inductivă fără miez de fier, reprezentînd astfel o inductanţă cu caracteristica tensiune-curent lineară. Deşi cu miez de fier, bobinele de reactanţă ar prezenta o construcţie mai compactă, această soluţie nu se foloseşte din cauza limitelor mari de variaţie a inductanţei de la regimul de lucru normal la regimul de scurtcircuit. Saturaţia puternică a miezului duce la o scădere importantă a inductanţei bobinei de reactanţă în regim de scurtcircuit, adică în situaţia cînd inductanţa ar trebui să fie mare. În regim de lucru normal o inductanţă mare provoacă o cădere de tensiune însemnată şi pierderi de energie suplimentare.

Funcţie de mediul de răcire, bobinele de reactanţă se construiesc cu răcire în aer şi cu răcire în ulei. Bobinele de reactanţă cu răcire în aer sînt destinate în special pentru montarea în instalaţii interioare pentru tensiuni pînă la 20 kV.

Funcţie de materialul izolant folosit pentru rigidizarea bobinajului împotriva eforturilor electrodinamice, bobinele de reactanţă se construiesc: în beton, în lemn, în sticlă organică, în răşini. Pentru tensiuni de 6 ...20 kV cele mai indicate sînt bobinele de reactanţă în beton.

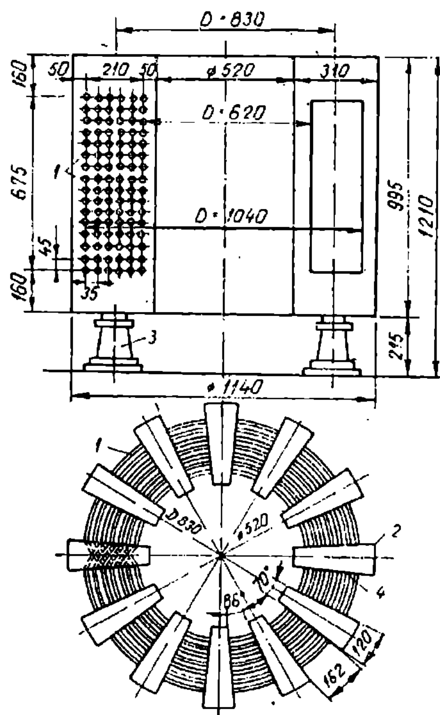


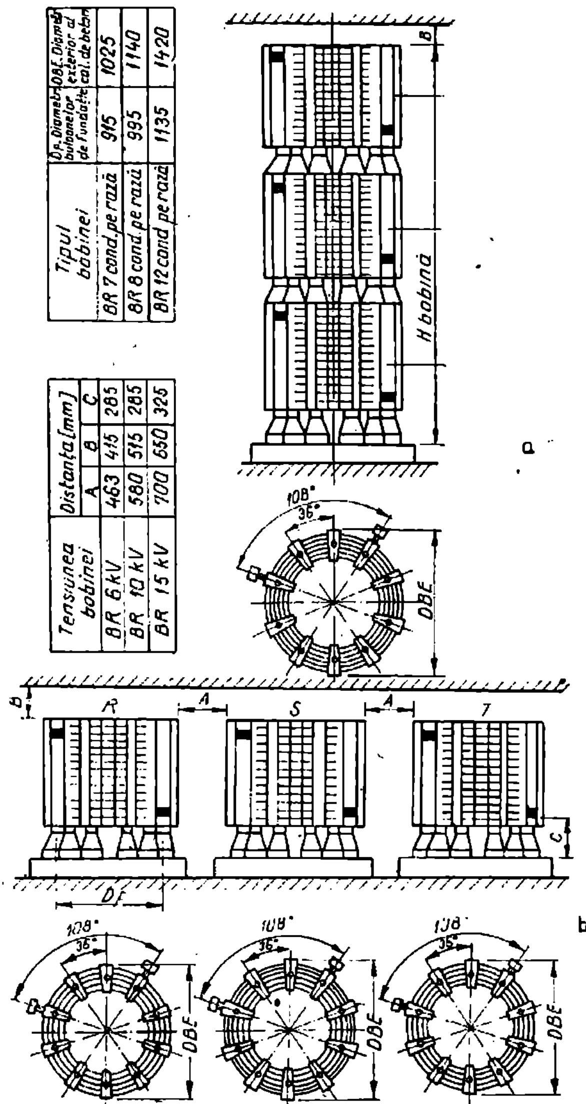
Fig. 3.11.4. Bobina de reactanţă cu beton pentru 10 kV:

1 — înfăşurare; 2 — coloane de beton; 3 — izolatoare suport; 4 — borne de racord.

Funcţie de tipul bobinajului, se deosebesc bobine din cabluri sau bobine în formă de disc.

Bobinele de reactanţă se execută în construcţie monofazată.

În fig. 3.11.4 este reprezentată o secţiune pe fază printr-o bobină de reactanţă în beton pentru 10 kV, 600 A. Ea se compune din înfăşurarea *1*, coloanele din beton *2*, izolatoarele suport *3* şi bornele de racord *4*. Înfăşurarea se realizează din conductoare flexibile multifilare izolate cu



Tensiunea bobinei	Distanța [mm] A	B	C
BR 6 kV	463	415	285
BR 10 kV	580	515	285
BR 15 kV	700	650	325

Tipul bobinei	Dp. Diametr. buloanelor de fundație	DBE. Diametr. exterior al col. de beton
BR 7 cond. pe rază	915	1025
BR 8 cond. pe rază	995	1140
BR 12 cond. pe rază	1135	1420

Fig. 3.11.5. Dimensiuni de gabarit pentru bobine de reactanță cu beton :

a — așezare verticală a fazelor ; *b* — așezare orizontală a fazelor.

hîrtie şi acoperite cu o ţesătură din bumbac. Între spire se lasă spaţii libere pentru a permite accesul aerului de răcire. În funcţie de valoarea curentului nominal, înfăşurarea se execută din una sau mai multe căi de curent în paralel, efectuîndu-se transpunerea lor pentru evitarea curenţilor de circulaţie.

Bobinele de reactanţă în beton prezintă o serie de dezavantaje: tehnologie complicată de prelucrare şi uscare, greutate şi dimensiuni de gabarit apreciabile, consum mare de cupru. Pentru eliminarea acestor dezavantaje s-au realizat bobine de reactanţă tip modul pentru tensiunea de 10 kV, la care înfăşurarea este confecţionată din folie de cupru rulată împreună cu straturi de hîrtie lăcuită sau ţesătură din sticlă şi turnată în răşini sintetice.

Cele trei faze ale bobinelor de reactanţă pot fi montate vertical sau orizontal funcţie de greutatea lor şi de eforturile electrodinamice care apar la scurtcircuitele.

Bobinele nu se amplasează în vecinătatea construcţiilor de oţel, datorită încălzirii acestora prin curenţi de inducţie, care determină pierderi importante de energie electrică. De asemenea, în caz de scurtcircuit, datorită forţelor electrodinamice, piesele din oţel pot fi atrase puternic spre bobină putînd provoca deteriorarea izolaţiei spirelor.

În fig. 3.11.5 sînt prezentate bobinele de reactanţă din beton ale căror faze sînt aşezate vertical şi orizontal, iar în tabelul 3.11.1 sînt prezentate caracteristicile tehnice ale bobinelor de reactanţă construite în ţară. Acestea se execută în construcţie monofazată fiind livrate în seturi de cîte trei faze identice.

Pentru tensiuni mai mari de 35 kV bobinele de reactanţă se construiesc cu agent izolant ulei. Bobinele sînt de tip exterior. Existenţa uleiului permite micşorarea distanţelor de izolare, mărirea densităţii de curent şi în acest fel, reducerea dimensiunilor şi a greutăţii bobinei de reactanţă. Bobina de reactanţă cu izolaţie în ulei se poate instala aproape de piesele metalice, ceea ce nu se poate face cu bobinele de reactanţă uscate.

3.11.3. EXPLOATARE. PRINCIPALELE DEFECŢIUNI ŞI REMEDIEREA LOR

3.11.3.1. EXPLOATAREA BOBINELOR DE REACTANŢĂ

La preluarea în exploatare a bobinelor de reactanţă se vor executa următoarele verificări:

— se urmăreşte respectarea tuturor prevederilor proiectului de execuţie, cărţii tehnice, a instrucţiunilor de montaj şi exploatare date de furnizor;

Principalele caracteristici tehnice ale bobinelor de reactanță

Nr. crt.	Tipul bobinei de reactanță	Tensiunea nominală [kV]	Curentul nominal [A]	Reactanța procentuală x_{r*} [%]	Rezistența ohmică la 20 °C, [Ω/fază × 10^{-3}]	Curentul limită termic, [kA_{ef}]	Curentul limită dinamic [kA_{max}]	Observații
0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	RB-6-75-8	7,2	75	8	7,15	0,94	2,4	Se execută cu conductor Al
2	RB-6-200-4	7,2	200	4	2,38	5	12,75	„
3	RB-6-200-8	7,2	200	8	3,7	2,5	6,375	„
4	RB-6-400-4	7,2	400	4	1,18	10	25,5	„
5	RB-6-400-12	7,2	400	12	2,72	3,33	8,491	„
6	RB-6-500-4	7,2	500	4	0,935	12,5	31,87	„
7	RB-6-500-10	7,2	500	10	1,565	5	12,75	„
8	RB-6-600-4	7,2	600	4	0,78	15	38,25	„
9	RB-6-600-5	7,2	600	5	0,83	12	30,6	„
10	RB-6-600-6	7,2	600	6	1,01	10	25,5	„
11	RB-6-600-10	7,2	600	10	1,35	6	15,3	„
12	RB-6-750-5	7,2	750	5	0,315	15	38,25	„
13	RB-6-1000-4	7,2	1 000	4	0,42	25	63,75	„
14	RB-6-1000-5	7,2	1 000	5	0,485	20	51	„
15	RB-6-1000-6	7,2	1 000	6	0,525	16,6	42,33	„
16	RB-6-1000-8	7,2	1 000	8	0,68	12,5	31,87	„
17	RB-6-1000-10	7,2	1 000	10	0,588	10	25,5	„
18	RB-6-1500-6	7,2	1 500	6	0,266	25	63,75	„
19	RB-6-1500-8	7,2	1 500	8	0,293	18,75	47,81	„
20	RB-6-1500-10	7,2	1 500	10	0,355	15	38,25	„
21	RB-6-2000-6	7,2	2 000	6	0,152	33,3	84,91	„
22	RB-6-2000-8	7,2	2 000	8	0,184	25	63,75	„
23	RB-6-2000-10	7,2	2 000	10	0,236	20	51	„

0	1	2	3	4	5	6	7	8
24	RB-6-2000+2000-8+8	7,2	2 000 2 000	8/8	0,184/ 0,184	25/25	63,75/ 63,75	Se execută cu conductor Al
25	RB-10-200-3	12	200	3	2,95	6,66	16,98	„
26	RB-10-400-4	12	400	4	1,36	10	25,5	„
27	RB-10-400-5	12	400	5	1,60	8	20,4	„
28	RB-10-400-6	12	400	6	1,85	6,66	16,98	„
29	RB-10-400-8	12	400	8	2,07	5	12,75	„
30	RB-10-400-10	12	400	10	2,38	4	10,2	„
31	RB-10-600-4	12	600	4	1,06	15	38,25	„
32	RB-10-600-6	12	600	6	1,482	10	25,5	„
33	RB-10-600-8	12	600	8	1,32	7,5	19,12	„
34	RB-10-600-10	12	600	10	1,53	6	15,3	„
35	RB-10-1000-4	12	1 000	4	0,438	25	63,75	„
36	RB-10-1000-6	12	1 000	6	0,534	16,6	42,33	„
37	RB-10-1000-8	12	1 000	8	0,625	12,5	31,87	„
38	RB-10-1000-10	12	1 000	10	0,715	10	25,5	„
39	RB-10-1500-6	12	1 500	6	0,39	25	63,75	„
40	RB-10-2000-6	12	2 000	6	0,266	33,3	84,91	„
41	RB-15-300-5	12	300	5	3,12	6	15,3	„

— asigurarea prin montaj a condiţiilor de înlocuire a bobinei de reactanţă fără scoaterea din funcţiune a restului instalaţiei ;

— verificarea stării părţilor metalice şi a vopselei de pe suprafaţa bobinei de reactanţă ;

— existenţa buletinelor de probă şi încercări în conformitate cu normativele MEE-PE 003 şi PE 116 ;

— existenţa tuturor îngrădirilor prevăzute în proiect ;

— dacă spaţiul din jurul bobinei de reactanţă este degajat de materiale şi scule şi dacă starea de curăţire este corespunzătoare ;

— se verifică dacă bobina de reactanţă este bine fixată ;

— se verifică ca fiecare fază a bobinei de reactanţă să fie prevăzută cu o etichetă cu următoarele indicaţii :

— tipul bobinei, inclusiv marcarea fazelor (*A*, *B*, *C*) ;
— tensiunea nominală ;
— curentul nominal ;
— frecvenţa nominală ;
— impedanţa nominală Z_n măsurată ;
— curentul de scurtcircuit I_k şi durata admisă ;
— tensiunea de scurtcircuit U_k ;
— număr şi an de fabricaţie ;
— greutatea totală a unei faze în stare montată ;
— furnizorul.

În montaj se vă inscripţiona dispunerea fazelor (de exemplu pe verticală : jos „faza *A*“, mijloc „faza *B*“, sus „faza *C*“) ;

— respectarea distanţei minime de 500 mm pînă la cea mai apropiată bară de oţel ;

— respectarea distanţei minime de 1 500 mm pînă la planşeul deasupra bobinei ;

— se controlează dacă au fost îndepărtate toate piesele sau obiectele din materiale magnetice din jurul bobinei de reactanţă ;

— se verifică dacă sînt îndeplinite următoarele condiţii de mediu conform documentaţiei date de fabrica constructoare :

● altitudinea faţă de nivelul mării să nu depăşească 1 000 m ; pentru altitudini mai mari se vor respecta prevederile STAS 10990.

● temperatura mediului ambiant : —25°C... +40°C ;

● temperatura aerului de răcire să nu depăşească următoarele valori : +30°C pentru temperatura zilnică şi +20°C pentru temperatura medie anuală ;

● valoarea maximă a umidităţii relative a aerului să nu depăşească 80% la temperatura mediului ambiant de +35°C.

● inexistenţa în atmosfera din incinta bobinei de reactanţă a gazelor corosive, prafului bun conducător de electricitate, vaporilor de apă sau altor elemente şi compuşi chimici activi şi dăunători ;

— asigurarea condiţiilor de ventilaţie a bobinelor astfel ca diferenţa între temperaturile de intrare şi ieşire să fie de maximum 15°C ;

— în încăperile bobinelor de reactanţă se verifică existenţa distanţelor pentru manipularea fazelor bobinelor.

Se admite ca scoaterea bobinelor de reactanţă din încăperile respective să se facă prin demontarea pereţilor încăperilor în care sînt instalate.

Se va urmări să se evite formarea circuitelor magnetice închise în apropierea bobinelor de reactanță. În acest scop se vor secționa ramele ușilor din oțel.

La preluarea în exploatare a bobinelor de reactanță se vor întocmi instrucțiuni tehnice interne specifice locului unde acestea sînt montate.

În timpul exploatării, bobinele de reactanță sînt supuse regimului de exploatare corespunzător celui aplicat instalației din care fac parte.

În timpul exploatării nu se va depăși sarcina nominală admisă de bobină.

Este interzis accesul în încăperea bobinei de reactanță înainte de întreruperea tensiunii în celula de alimentare.

În încăperea bobinei de reactanță nu se vor depozita materiale, scule sau obiecte.

Periodic, personalul de exploatare va efectua vizual, de la distanță, următoarele verificări :

- starea izolatoarelor ;
- conturnări pe suprafața izolatoarelor ;
- starea coloanelor din beton ;
- conturnări pe suprafața betonului de la spiră la spiră datorită umezelii ;
- starea spirelor și a izolației acestora ;
- starea racordurilor la priza de pămînt ;
- starea îmbinărilor de montaj ;
- starea contactelor ;
- starea și condițiile de ventilație ale încăperii ;
- se verifică dacă nu sînt piese metalice atrase și fixate de spire.

Suplimentar, personalul de exploatare va executa verificări asupra bobinei de reactanță după fiecare declanșare pe scurtcircuit a întreruptorului aferent circuitului bobinei.

3.11.3.2. PRINCIPALELE DEFECȚIUNI ȘI REMEDIEREA LOR

Orice funcționare anormală constatată trebuie anunțată imediat treptei operative cu autoritate de decizie, notîndu-se cele constatate în registrul operativ.

Pentru diferite defecte care apar în exploatare, se va proceda conform celor indicate în tabelul 3.11.2.

Tabelul 3.11.2

Principalele defecţiuni care apar în exploatare la bobinele de reactanţă

Nr. crt.	Defecţiunea constatată	Modul de acţionare al personalului operativ
1	Încălziri ale îmbinărilor prin care se realizează legarea bobinelor la instalaţie	— Scoaterea instalaţiei de sub tensiune — Stabilirea locului de încălzire
2	Deteriorarea izolaţiei spirelor, deformaţii ale spirelor bobinei, defecţiuni ale coloanei de beton	— Scoaterea instalaţiei de sub tensiune — Controlul vizual al bobinei cu stabilirea locului deformării spirelor şi unor eventuale crăpături în betonul bobinei — Informarea imediată pe cale operativă în scopul reverificării curenţilor de stabilitate dinamică şi termică, luînd măsurile ce se impun (înlocuirea bobinei)
3	Conturnări sau străpungeri ale izolatoarelor suport ale bobinei	— Scoaterea instalaţiei de sub tensiune — Identificarea izolatoarelor defecte — Verificarea legăturii la pămînt a armăturii tuturor izolatoarelor
4	Piese metalice atrase şi fixate de spire	— Scoaterea instalaţiei de sub tensiune — Înlăturarea pieselor atrase cu respectarea NPM-PE 119
5	Smulgerea bornelor de racord	— Scoaterea instalaţiei de sub tensiune — Se anunţă pe linie ierarhică
6	Incendiu la bobină	— Scoaterea imediată a instalaţiei respective de sub tensiune, inclusiv a instalaţiei vecine periclitate — Stingerea incendiului cu mijloacele existente în dotarea staţiei de transformare — Înlocuirea bobinei de reactanţă afectată de incendiu

3.11.4. ÎNTREŢINERE, ÎNCERCĂRI ŞI MĂSURĂTORI ÎN EXPLOATARE

● *Revizia tehnică* (RT) a bobinelor de reactanţă cuprinde ansamblul de operaţii executate periodic pentru verificarea, curăţirea, eliminarea unor defecţiuni, piese uzate sau subansambluri, măsurători profilactice, avînd şi scopul de a constata starea tehnică a instalaţiilor înainte de executarea reparaţiei planificate.

Revizia tehnică se execută la locul de amplasare a bobinei de reactanţă de către echipe specializate.

Conţinutul orientativ al lucrărilor de revizie tehnică a bobinelor de reactanţă este următorul:

— controlul vizual al stării exterioare a bobinei de reactanţă;
— controlul şi verificarea conexiunilor legăturilor electrice;
— remedieri defecţiuni;
— corecturi de vopsitorie;
— încercări şi măsurători profilactice, şi anume: măsurarea rezistenţei de izolaţie a înfăşurării faţă de armăturile metalice puse la masă, încercarea uleiului, măsurarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice a înfăşurării (tg δ).

Costul lucrărilor de revizii tehnice la bobinele de reactanţă nu trebuie să depăşească 5% din valoarea de înlocuire a fondului fix.

Periodicitatea lucrărilor de revizii tehnice care se execută la bobinele de reactanţă este de 3 ani.

● *Reparaţia curentă* (RC) a bobinelor de reactanţă cuprinde ansamblul de operaţii prin care se urmăreşte aducerea tuturor părţilor bobinei de stingere la parametrii proiectaţi, urmărindu-se toate defecţiunile constatate în timpul exploatării, pentru asigurarea funcţionării în condiţii de siguranţă pînă la următoarea reparaţie capitală.

Conţinutul orientativ al lucrărilor de reparaţii curente la bobinele de reactanţă este următorul:

— lucrările prevăzute la revizia tehnică;
— reparaţii necesare;
— vopsire;
— încercări şi măsurători profilactice indicate la revizia tehnică şi în plus: măsurarea rezistenţei ohmice a căii de curent şi a reactanţelor, încercarea izolaţiei cu tensiunea alternativă mărită de frecvenţă industrială (în cazul intervenţiei la bobinaj).

Costul lucrărilor de reparaţii curente la bobinele de reactanţă nu trebuie să depăşească 15% din valoarea de înlocuire a fondului fix. Conform normativului aceste lucrări sînt de gradul II.

Periodicitatea lucrărilor de reparaţii curente este de 6 ani.

● *Reparaţia capitală* (RK) a bobinelor de reactanţă cuprinde ansamblul de lucrări prin care se asigură readucerea caracteristicilor tehnico-economice la parametrii proiectaţi. În cadrul reparaţiilor capitale se efectuează înlocuirea totală sau parţială a unor elemente deteriorate ca urmare a uzurii, executîndu-se modernizări în vederea îmbunătăţirii stării tehnice a instalaţiei sau pentru ridicarea parametrilor tehnico-funcţionali.

Conţinutul orientativ al lucrărilor de reparaţii capitale la bobinele de reactanţă este următorul:

— lucrările prevăzute la reparaţia curentă;
— lucrări propriu-zise de reparaţie capitală;
— îmbunătăţiri şi modernizări;
— încercări şi măsurători profilactice indicate la reparaţia curentă.

Valoarea lucrărilor de reparaţii capitale nu trebuie să depăşească 50% din valoarea de înlocuire a fondului fix.

Periodicitatea lucrărilor de reparaţii capitale este de 12 ani.

3.12. APARATE DE PROTECŢIE CONTRA SUPRACURENŢILOR

3.12.1. CONSIDERAŢII GENERALE

Aparatele de protecţie contra supracurenţilor (suprasarcini şi scurtcircuite) permit separarea la timpul oportun a elementelor deteriorate de celelalte elemente ale instalaţiei, acţionînd rapid cînd nu sînt respectate condiţiile normale de funcţionare ale echipamentului protejat.

În reţelele electrice, cele mai răspîndite aparate de protecţie contra supracurenţilor sînt siguranţele fuzibile.

Siguranţa fuzibilă este un aparat de comutaţie într-un circuit electric, care întrerupe curentul ce depăşeşte o anumită valoare dată într-un anumit timp, deschizînd circuitul. Întreruperea curentului are loc prin topirea uneia sau a mai multor elemente fuzibile destinate şi dimensionate în acest scop.

Siguranţa fuzibilă, prin topirea fuzibilului, limitează amplitudinea şi durata supracurenţilor. Fuzibilul constituind un punct slab al circuitului, trebuie să se topească înainte ca efectele termic şi electrodinamic ale supracurenţilor să conducă la temperaturi şi forţe periculoase pentru conductoare, aparate şi izolaţia acestora.

Folosirea siguranţelor fuzibile în instalaţiile electrice au o bază economică, deoarece siguranţele fuzibile sînt aparate simple, la un cost scăzut, putînd înlocui întreruptorul în unele cazuri unde nu este nevoie un înalt grad de operativitate.

Folosirea siguranţelor fuzibile s-a dovedit economică în reţelele de medie tensiune şi joasă tensiune.

3.12.2. SIGURANȚE FUZIBILE

Funcționarea siguranței fuzibile de medie și joasă tensiune comportă următoarele etape convenționale : [4]

— încălzirea fuzibilului ;
— topirea și evaporarea fuzibilului ;
— străpungerea mediului și apariția arcului ;
— stingerea arcului electric din siguranță.

Caracteristicile electrice principale care determină alegerea și utilizarea siguranțelor fuzibile sînt următoarele :

— *tensiunea nominală* este tensiunea pentru care au fost dimensionate siguranțele și fuzibilul, funcție de care se determină condițiile de încercare și limitele tensiunii de serviciu.

Valorile tensiunii nominale sînt indicate în tabelul 3.12.1.

Tabelul 3.12.1

Valorile nominale ale tensiunii și curentului pentru soclul siguranțelor

Tensiunea nominală [kV]	Curentul nominal al soclului [A]
7,2 ; 12 ; 24 ; 42	10 ; 25 ; 63 ; 100 ; 200 ; 400

— *curentul nominal al soclului sau al portfuzibilului* este curentul care caracterizează un soclu sau un portfuzibil și rezistă un timp îndelungat fără deteriorări și fără a depăși încălzirile prescrise. Valorile acestor curenți sînt indicate în tabelul 3.12.1.

— *curentul nominal al elementului de înlocuire (fuzibilul)* este curentul care caracterizează elementul de înlocuire și la care acesta rezistă timp îndelungat fără deteriorări și fără depășirea încălzirii prescrise.

Valorile nominale ale tensiunii și curentului patroanelor sînt indicate în tabelul 3.12.2. Treptele de curent în cadrul domeniilor indicate sînt multiplu de 10 ai numerelor : 1 ; 1,25 ; 1,6 ; 2 ; 2,5 ; 3,15 ; 4,5 ; 6,3 ; 8.

Tabelul 3.12.2

Valorile nominale ale tensiunii și curentului pentru fuzibilul siguranțelor

U_n [kV]	7,2	12	24	42
I_n [A]	2,5 . . .100	2,5 . . .100	2,5 . . .63	2,5 . . .63

— *curentul de rupere* este curentul de scurtcircuit pe care fuzibilul îl poate întrerupe la o anumită tensiune de restabilire;

— *tensiunea de restabilire* este tensiunea care apare la bornele unei siguranțe după stingerea arcului;

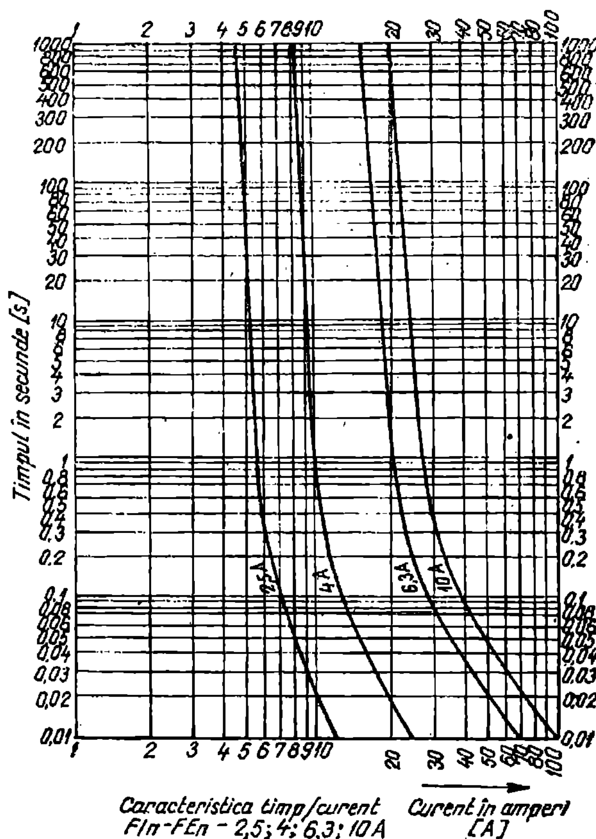


Fig. 3.12.1. Caracteristica timp-curent la fuzibilele tip FIn—FEn 2,5; 4; 6,3; 10 A.

— *caracteristica timp-curent* (caracteristica de topire) este curba care reprezintă durata de funcționare funcție de valoarea efectivă a curenților. În diagramele din fig. 3.12.1...3.12.3 sînt reprezentate caracteristicile de topire ale celor mai uzuale siguranțe fuzibile de medie tensiune.

Timpul în secunde [s]

16A

Caracteristica timp/curent
FIn-FEn-16A

Curent în amperi
[A]

Fig. 3.12.2. Caracteristica timp-curent la fuzibilele tip FI n—FEn 16 A.

Timpul în secunde [s].

25 A
34,5 A
40 A
63 A
80 A
100 A

Caracteristica timp/curent
FIn-FEn-25;40;63;80;100 A

Curent în amperi
[A]

Fig. 3.12.3. Caracteristica timp-curent la fuzibilele tip FIn—FEn 25 ; 40 ; 63 ; 80 ; 100 A.

Supratensiunile maxime care pot să apară în timpul funcționării siguranțelor fuzibile sînt indicate în tabelul 3.12.3.

Tabelul 3.12.3

Valorile maxime ale supratensiunilor siguranțelor

Tensiunea nominală [kV]	Supratensiunea maximă de funcționare [kV]
7,2	23
12	38
24	75
42	130

3.12.2.1. SIGURANȚE FUZIBILE DE MEDIE TENSIUNE

La noi în țară se construiesc și se utilizează siguranțe fuzibile de medie tensiune, ale căror părți componente principale sînt următoarele :

— *bornele siguranței* sînt părțile conductoare de curent ale siguranței cu ajutorul cărora se conectează circuitele exterioare ;

— *soclul* este prevăzut cu borne de racordare la rețea și cuprinde elementele care asigură izolarea siguranței ;

— *contactul soclului* este partea conductoare de curent a soclului care se conectează la o bornă și care este pusă în contact cu elementul de înlocuire ;

— *portfuzibilul* este partea siguranței destinată a purta elementul de înlocuire ;

— *contactul portfuzibilului* este partea conductoare de curent a portfuzibilului aflată în contact cu elementul de înlocuire și destinată a fi pusă în contact cu un contact al soclului ;

— *elementul fuzibil*, care se înlocuiește după funcționarea siguranței, înaintea reconectării ei în circuit ;

— *dispozitivul indicator* este dispozitivul pus în legătură cu un circuit de semnalizare destinat să indice la locul de instalare a siguranței dacă aceasta a funcționat.

Portfuzibilul, contactele portfuzibilului, elementul fuzibil și mediul de stingere a arcului electric sînt denumite *patron*.

Pentru instalaţiile de medie tensiune cu tensiunea pînă la 35 kV, cele mai răspîndite sînt siguranţele ale căror patroane au umplutură de mică granulaţie din nisip de cuarţ. Acesta este o substanţă de umplutură care nu produce gaze, pentru a nu provoca creşterea presiunii în interiorul patronului, iar granulaţia lui adecvată permite ca vaporii

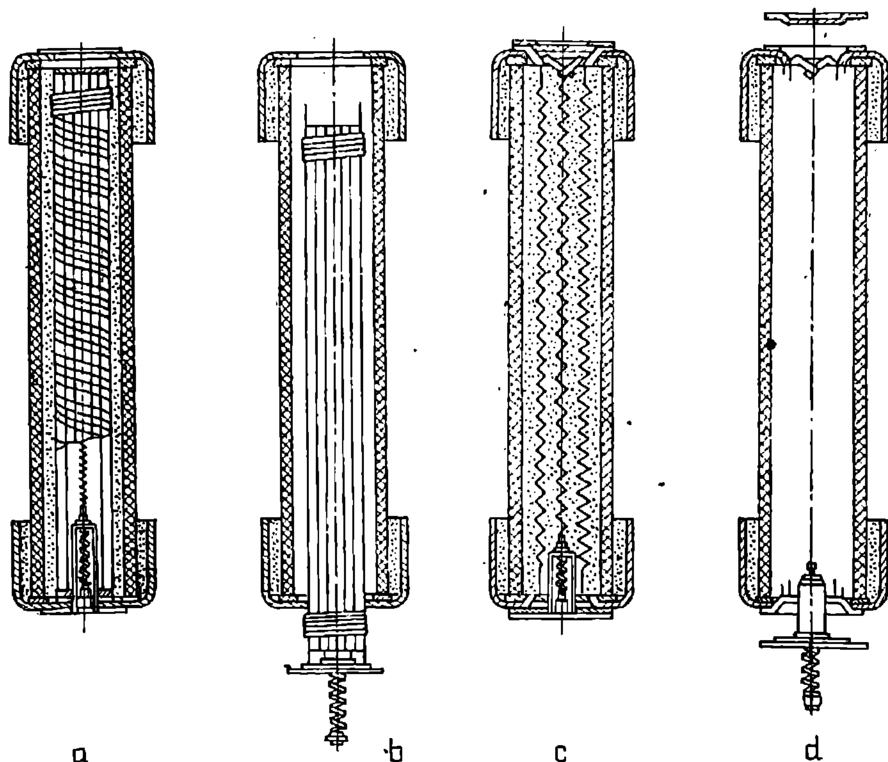
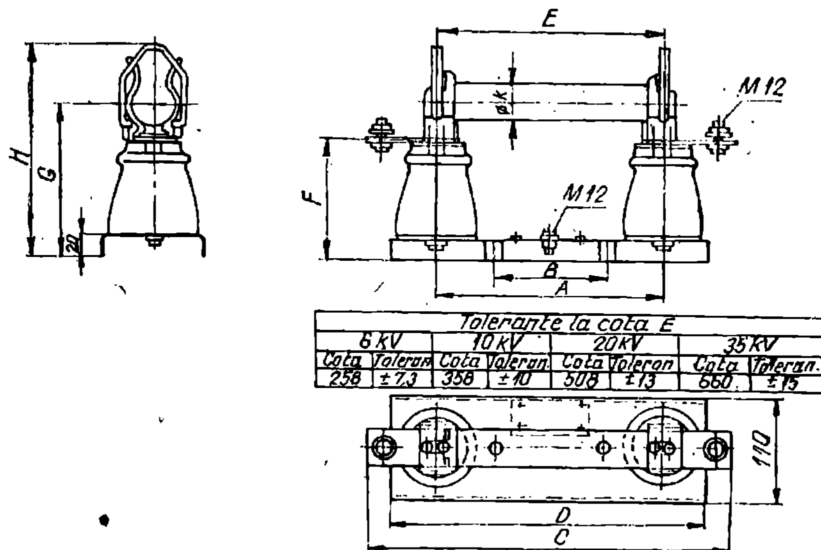


Fig. 3.12.4. Patroane pentru siguranţe de medie tensiune :
a — patron asamblat cu fuzibilul înfăşurat pe suport ; *b* — idem, patron neasamblat ; *c* — patron asamblat cu fuzibilul în spirală fără suport ; *d* — idem, patron neasamblat.

fuzibilului topit să difuzeze uşor în masa de nisip, uşurînd răcirea şi stingerea arcului. Aceste siguranţe au efect limitator.

Fuzibilele sînt aşezate în patron fie pe un suport ceramic (pentru curenţi pînă la 7,5 A) fie liber. În fig. 3.12.4 sînt prezentate două patroane de medie tensiune al căror fuzibil este înfăşurat pe suport, respectiv cu fuzibilul liber în spirală.



Toleranțe la cota E							
6 kV		10 kV		20 kV		35 kV	
Cota	Toleran	Cota	Toleran.	Cota	Toleran	Cota	Toleran.
258	± 7,3	358	± 10	508	± 13	660	± 15

Nr. crt.	Tipul siguranței	Dimensiuni de gabarit [mm] A	B	C	D	E	F	G	H	ϕK	Greut. [kg]
1	SFI-6 kV/2,5 ÷ 16 A	228	116	453	340	258	130	180	235	45	10,8
2	SFI-6 kV/2,5 ÷ 40 A	228	116	453	340	258	130	180	235	62	11,2
3	SFI-6 kV/63 ÷ 80 A	228	116	453	340	258	130	180	235	76	12
4	SFI-10 kV/2,5 ÷ 16 A	328	200	553	440	358	150	200	255	45	11,9
5	SFI-10 kV/25 ÷ 40 A	328	200	553	440	358	150	200	255	62	12,5
6	SFI-10 kV/63 A	328	200	553	440	358	150	200	255	76	13
7	SFI-20 kV/2,5 ÷ 10 A	480	300	705	600	508	230	280	335	45	14,3
8	SFI-20 kV/16 A	480	300	705	600	508	230	280	335	62	14,6
9	SFI-20 kV/25 ÷ 40 A	480	300	705	600	508	230	280	335	76	15
10	SFI-35 kV/2,5 ÷ 6,3 A	628	400	853	788	660	360	400	455	45	22
11	SFI-35 kV/10 și 16 A	628	400	853	788	660	360	400	455	62	22,5
12	SFI-35 kV/25 ÷ 40 A	628	400	853	788	660	360	400	455	76	23,8
13	SFI-6 kV/100 A	328	200	553	440	358	130	180	235	76	12
14	SFIT-6 kV	228	116	453	340	258	130	180	235	45	10.8
15	SFIT-10 kV	328	200	553	440	358	150	200	255	45	11,9
16	SFIT-20 kV	480	300	705	600	508	230	280	335	45	14,3
17	SFIT-35 kV	628	400	853	788	660	360	400	455	45	22

Fig. 3.12.5. Siguranță fuzibilă de interior de medie tensiune tip SFI—SFIT 6 ... 35 kV.

Siguranțele cu nisip de cuarț sînt siguranțe sudate și fără zgomot. Pentru depistarea siguranței arse se prevede un indicator special de întrerupere. După ce se arde fuzibilul de serviciu și curentul trece prin fuzibilul indicator, acesta se arde împreună cu firul care reține resortul indicatorului permițînd indicatorului să sară.

Siguranțele fuzibile de medie tensiune se simbolizează după cum urmează:

a) Pentru protecția circuitelor principale (transformatoare de forță)

— siguranțe de interior: SFI cu patron FI (siguranțe normale), respectiv SFIn cu patron FIn (siguranțe cu mare putere de rupere), fig. 3.12.5, tabelele 3.12.4 și 3.12.5;

Tabelul 3.12.4

Caracteristicile suporturilor siguranțelor fuzibile de medie tensiune

Tipul suport fuzibil	Tensiune nominală [kV]	Tensiune maximă de serviciu [kV]	Curent nominal [A]	Tipul patronului folosit
SFIn6/var. I	6	7,2	100	FIn6/2,5-16A
SFIn6/var. II	6	7,2	100	FIn6/25-100A
SFIn10/var. I	10	12	100	FIn10/2,5-16A
SFIn10/var. II	10	12	100	FIn10/25-63A
SFIn20/var. I	20	24	100	FIn20/2,5-10A
SFIn20/var. II	20	24	100	FIn20/16-40A
SFIn35/var. I	35	42	100	FIn35/2,5-6,3A
SFIn35/var. II	35	42	100	FIn35/10-40A
SFITn 6	6	7,2	100	FITn 6
SFITn 10	10	12	100	FITn 10
SFITn 20	20	24	100	FITn 20
SFITn 35	35	42	100	FITn 35
SFEn(6)10/var. I	(6)10	(7,2)12	200	FEn 10/2,5-16A
SFEn(6)10/var. II	(6)10	(7,2)12	200	FEn 10/25-63A
SFEn(15)20/var. I	(15)20	(17,5)24	200	FEn 20/2,5-10A
SFEn(15)20/var. II	(15)20	(17,5)24	200	FEn 20/16-40A
SFEn 35	35	42	200	FEn 35/2,5-40A
SFETn 35	35	42	200	FETn 35

— siguranțe de exterior: SFE cu patron FE (siguranțe normale), respectiv SFEn cu patron FEn (siguranțe cu mare putere de rupere), fig. 3.12.6.

b) Pentru protecția circuitelor de măsură (transformatoare de tensiune)

— siguranțe de interior: SFIT cu patron FIT și SFITn cu patron FITn, tabelul 3.12.6;

Tabelul 3.12.5

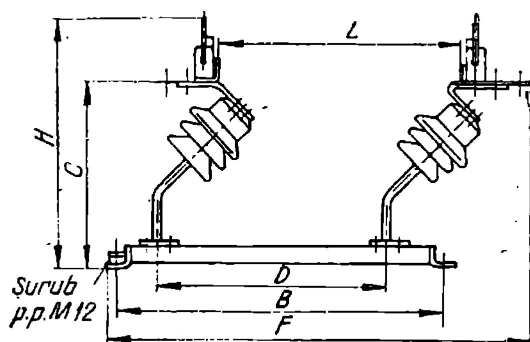
Caracteristicile patroanelor tip FIn

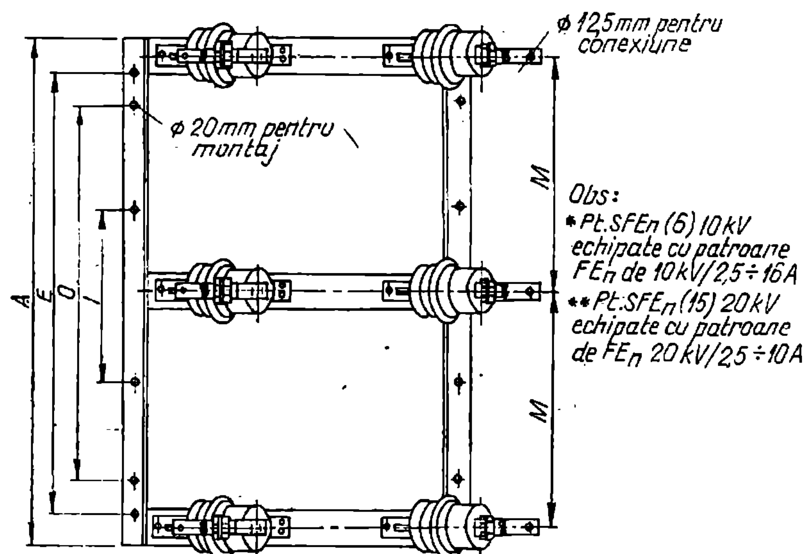
Tipul patron fuzibil	Tensiunea nominală [kV]	Tensiune maximă de serviciu [kV]	Curent nominal [A]	Curent de rupere [kA_{ef}]	Putere de rupere calculată [MVA]	Tipul suportului folosit
FIn6/2,5	6	7,2	2,5	37,5	400	SFIn-6
FIn6/4	6	7,2	4	37,5	400	SFIn-6
FIn6/6,3	6	7,2	6,3	37,5	400	SFIn-6
FIn6/10	6	7,2	10	37,5	400	SFIn-6
FIn6/16	6	7,2	16	37,5	400	SFIn-6
FIn6/25	6	7,2	25	37,5	400	SFIn-6
FIn6/31,5	6	7,2	35,5	37,5	400	SFIn-6
FIn6/40	6	7,2	40	37,5	400	SFIn-6
FIn6/63	6	7,2	63	37,5	400	SFIn-6
FIn6/80	6	7,2	80	27,3	300	SFIn-6
FIn6/100	6	7,2	100	27,3	300	SFIn-6
FIn-10/63	10	12	63	17,9	525	SFIn-10
FIn20/2,5	20	24	2,5	18,1	700	SFIn-20
FIn-20/4	20	24	4	18,1	700	SFIn-20
FIn-20/6,3	20	24	6,3	18,1	700	SFIn-20
FIn-20/10	20	24	10	18,1	700	SFIn-20
FIn-20/16	20	24	16	18,1	700	SFIn-20
FIn-20/25	20	24	25	11,2	425	SFIn-20
FIn-20/31,5	20	24	31,5	11,2	425	SFIn-20
FIn20/40	20	24	40	11,2	425	SFIn-20
FIn-35/2,5	35	42	2,5	11,1	700	SFIn-35
FIn-35/4	35	42	4	11,1	700	SFIn-35
FIn-35/6,3	35	42	6,3	11,1	700	SFIn-35
FIn35/10	35	42	10	11,1	700	SFIn-35
FIn35/16	35	42	16	11,1	700	SFIn-35
FIn-35/25	35	42	25	6,7	400	SFIn-35
FIn35/31,5	35	42	31,5	6,7	400	SFIn-35
FIn-35/40	35	42	40	6,7	400	SFIn-35

Tabelul 3.12.6

Caracteristicile patroanelor tip FITn—FETn

Tipul patronului	Tensiunea nominală	Tensiunea maximă de serviciu [kV]	Puterea de rupere nominală [MVA]	Tipul suportului folosit
FITn-6	6	7,2	500	SFITn-6
FITn-10	10	12	1 000	SFITn-10
FITn-20	20	24	1 000	SFITn-20
FITn-35	35	42	1 000	SFITn-35
FETn-6	6	7,2	500	SFETn-6(10)
FETn-10	10	12	1 000	SFETn-10
FETn-20	20	24	1 000	SFETn-15(20)
FETn-35	35	42	1 000	SFETn-35



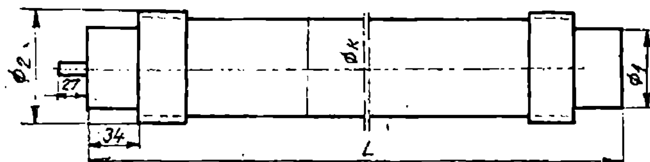


Tipul	M	D	L	A	B	C	H	E	F	O	I	Greut. [Kg]
SFEn(6)10kV	400	280	238* 298	875	445	340	455	680	670	680	350	65
SFEn(15)20kV	540	420	388** 448	1155	590	425	684	920	875	920	350	90

Fig. 3.12.6. Suport siguranță fuzibilă de exterior de medie tensiune tip SFE 6...20 kV.

— siguranțe de exterior : SFET cu patron FET și SFETn cu patron FETn, tabelul 3.12.6.

În fig. 3.12.7 sînt reprezentate patroanele fuzibile pentru tipurile de siguranțe indicate.



Toleranțe la cota L [mm]							
U_n = 6 kV		U_n = 10 kV		U_n = 20 kV		U_n = 35 kV	
Cota	Toleranța	Cota	Toleranța	Cota	Toleranța	Cota	Toleranța
258	± 7,5	358	± 10	508	± 13	660	± 15

Nr. crt.	Tipul patronului fuzibil	Dimensiuni de gabarit [mm]				
		L	Φ_K	Φ_1	Φ_2	
1	FI_n-FE_n 6kV/2,5-16A și FIT-FET 6kV	258	45	56	—	
2	FI_n-FE_n-6kV/25 ÷ 40 A	258	62	56	69	
3	FI_n-FE_n-6kV/63 ÷ 80 A	258	76	56	86	
4	FI_n-FE_n-6 kV/100 A	358	76	56	86	
5	FI_n-FE_n 10kV/2,5÷16A și FIT-FET 10	358	45	56		
6	FI_n-FE_n-10kV/25÷40 A	358	62	56	69	
7	FI_n-FE_n-10kV/63 A	358	76	56	86	
8	FI_n-FE_n 20kV/2,5÷10A și FIT-FET 20	508	45	56	—	
9	FI_n-FE_n 20kV/16 A	508	62	56	69	
10	FI_n-FE_n 20 kV/25÷40 A	508	76	56	86	
11	FI_n-FE_n 35 v/2,5÷6,3A și FIT-FET 35 v	660	45	56	—	
12	FI_n-FE_n-35 kV/10÷16 A	660	62	56	69	
13	FI_n-FE_n-35 kV/25÷40 A	660	76	56	86	

Fig. 3.12.7. Patron fuzibil de medie tensiune tip FITn—FETn—FIn—FEn 6 ... 35 kV.

3.12.2.2. SIGURANȚELE FUZIBILE DE JOASĂ TENSIUNE

În instalațiile de joasă tensiune, siguranțele fuzibile sînt cele mai simple aparate de protecție folosite. Se bazează pe același principiu ca și siguranțele fuzibile de medie tensiune, avînd același rol de a întrerupe un circuit atunci cînd curentul prin acesta depășește o anumită valoare, prin arderea unuia sau a mai multor elemente fuzibile realizate în acest scop.

Siguranţele fuzibile se clasifică în următoarele categorii:

— siguranţe fuzibile cu mare putere de rupere, folosite în instalaţii industriale cu curenţi nominali de ordinul sutelor de amperi şi curenţi de rupere de zeci de kiloamperi;

— siguranţe fuzibile cu filet, folosite în instalaţii industriale şi la consumatorii casnici cu curenţi nominali pînă la 100 A şi curenţi de rupere pînă la 33 kA;

— siguranţe fuzibile miniatură (mignon), folosite în instalaţiile electrice şi la consumatorii casnici cu curenţi nominali pînă la 10 A şi curenţi de rupere pînă la 2 kA.

Siguranţele fuzibile cu mare putere de rupere, notate în general cu iniţialele MPR, sînt destinate pentru ruperea curenţilor mari de scurtcircuit, în special pe baza efectului de limitare.

Siguranţa MPR este construită din trei părţi principale: soclul, elementul înlocuitor (patronul fuzibil) şi dispozitivul de manevră, cu ajutorul căruia se realizează introducerea şi scoaterea patronului din contactul soclului. Acest dispozitiv este prevăzut cu un mîner electroizolant fig. 3.2.11.

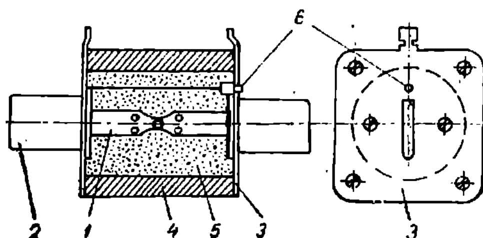


Fig. 3.12.8. Fuzibil de joasă tensiune.

Patronul fuzibil, reprezentat în fig. 3.12.8, este compus din: elementul fuzibil *1* realizat de regulă din 1...6 benzi de argint, cupru, zinc, cu lăţimea de 4...10 mm şi grosimea de 0,1...0,5 mm, dispuse în paralel; cuţitele de contact *2*, realizate sub formă de bare plate sînt solidare cu capacele frontale *3*. Elementul fuzibil se află în interiorul unei anvelope *4* (de regulă din porţelan) umplută cu nisip de cuarţ *5*. Etanşarea este realizată printr-o garnitură de azbest, iar identificarea funcţionării siguranţei se realizează prin indicatorul *6*.

Soclul (fig. 3.2.9) este compus dintr-o piesă ceramică *1* şi două furci *2* de contact, care servesc şi ca bare de legătură. Pentru realizarea unei presiuni de contact foarte bune, furcile sînt strînse cu un resort spiral *3*.

Fuzibilele se construiesc în aşa fel încît să asigure funcţionarea la suprasarcină şi la scurtcircuit, fig. 3.12.10.

Pentru a realiza protecţia la suprasarcină, pe partea centrală a benzii se aplică o cantitate de aliaj mai uşor fuzibil decît materialul din care este confecţionat fuzibilul. Protecţia la scurtcircuit se realizează prin reducerea secţiunii benzii la 0,12...0,25 din secţiunea normală prin practicarea unor orificii în masa benzii.

Siguranțele fuzibile cu filet sînt compuse din trei părți distincte: soclul, capacul și patronul fuzibil.

După tipul soclului se disting următoarele tipuri de siguranțe cu filet:

— soclu cu legături față tip LF și LFi;
— soclu cu legături spate tip LS.

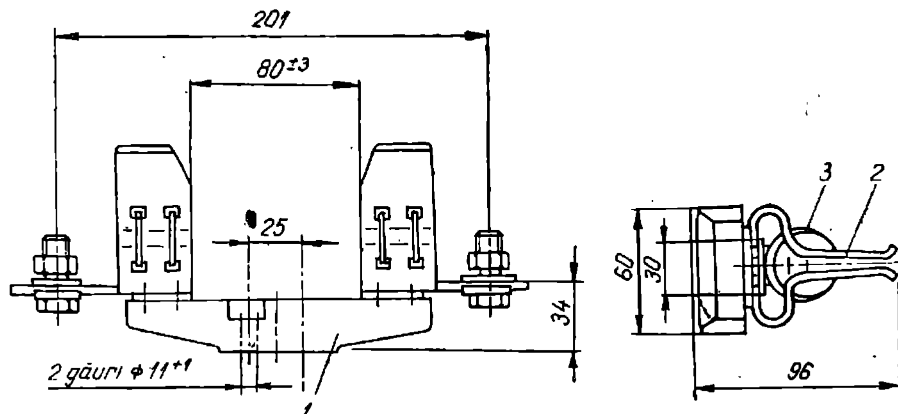


Fig. 3.12.9. Soclul siguranței MPR.

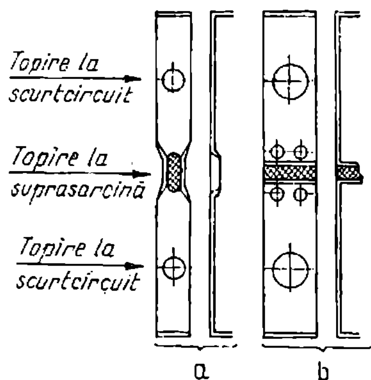


Fig. 3.12.10. Caracteristicile fuzibilului siguranței MPR.

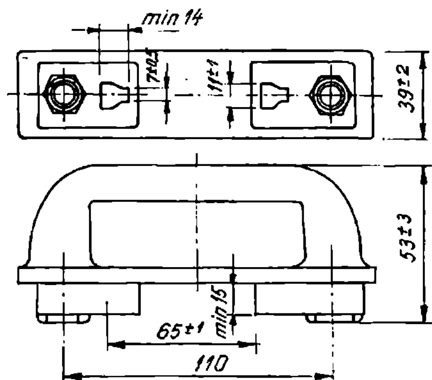


Fig. 3.12.11. Dispozitive de manevră a siguranțelor MPR.

Siguranțele fuzibile cu soclul tip LF și LFi sînt destinate pentru montarea pe plăci, bare sau profile metalice sau izolante, legăturile conductoare făcîndu-se prin fața panoului. Tipul LF are un capac de protecție a bornelor de legătură, iar tipul LFi nu are capac, bornele de legătură fiind neprotejate. De asemenea, soclurile tip LF și LFi pot fi de tip miniatură.

Siguranţele fuzibile cu soclul tip LS sînt destinate pentru montarea numai pe panouri izolante din marmură sau azbociment. Picioarele soclului îndeplineşte rolul de fixare a soclului pe panou şi ca borne de legătură.

În fig. 3.12.12 sînt ilustrate soclurile cu legături faţă şi spate.

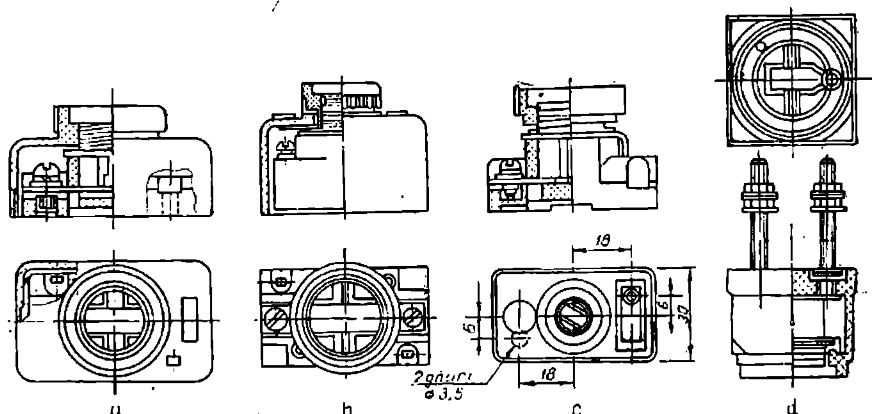


Fig. 3.12.12. Socluri pentru siguranţele cu filet :
a – siguranţă tip LF ; *b* — siguranţă tip LFi ; *c* — siguranţă tip LF miniatură ; *d* — siguranţă tip LS.

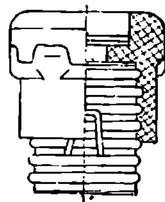


Fig. 3.12.13. Capac filetat.

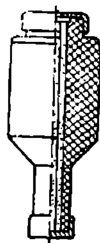


Fig. 3.12.14. Patron fuzibil.

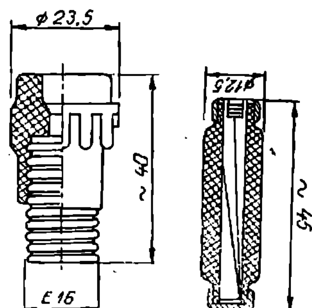


Fig. 3.12.15. Capacul şi patronul siguranţei tip LF miniatură.

Pentru toate tipurile de siguranţe LF, LS, LFi se utilizează acelaşi tip de capac filetat, reprezentat în fig. 3.12.13. Patroanele fuzibile sînt identice pentru diferite tipuri de socluri, dar diferă în funcţie de curent, fig. 3.12.14. Pentru siguranţele tip LF miniatură există un anumit tip de capac şi patron fuzibil, fig. 3.12.15.

3.12.3. EXPLOATARE. PRINCIPALELE DEFECŢIUNI ŞI REMEDIEREA LOR

Siguranţele fuzibile se preiau în exploatare o dată cu instalaţia în care sînt montate. La preluarea în exploatare se vor verifica următoarele :

— respectarea tuturor prevederilor proiectului de execuţie ;

— asigurarea prin montaj a condiţiilor de înlocuire a siguranţelor fără scoaterea din funcţiune a restului instalaţiei ;

— existenţa buletinelor de încercări şi măsurători în conformitate cu normativele MEE-PE 003 şi PE 116 ;

— existenţa condiţiilor de mediu pentru funcţionarea siguranţelor.

— existenţa unor restricţii speciale în ceea ce priveşte exploatarea siguranţelor şi dacă sînt create condiţii pentru respectarea lor ;

— existenţa tuturor inscripţiilor ;

— existenţa legăturilor la pămînt de protecţie ;

— integritatea şi calibrarea corespunzătoare a fuzibilelor ;

— continuitatea fuzibilelor ;

— alegerea curentului nominal al patronului fuzibilului şi siguranţei în funcţie de echipamentul protejat, cu îndeplinirea condiţiilor de selectivitate ;

— verificarea asigurării contactului prin elementele de presiune ;

— verificarea stării indicatorului de semnalizare ;

— se verifică dacă extremităţile şuruburilor de fixare a cadrelor de siguranţă nu micşorează distanţele de izolaţie în aer pînă la părţile sub tensiune ;

— aşezarea fazelor siguranţelor de medie tensiune în poziţie verticală. Montajul orizontal are influenţe defavorabile din punct de vedere termic, iar în cazul spargerii unui patron, gazele pot produce scurtcircuite pe fazele vecine.

Exploatarea siguranţelor fuzibile se realizează concomitent cu instalaţia în care sînt montate. Cu această ocazie se vor urmări :

— starea izolatoarelor suport şi a suporţilor, soclurilor, tuburilor izolante ale patroanelor observîndu-se urme de conturnări şi fisuri ;

— starea contactelor între suporţi şi bare şi între suporţi şi patroane, urmărindu-se schimbarea culorii prin încălzire ;

— poziţia indicatoarelor pentru semnalizarea arderii siguranţei ;

— existenţa şi starea patroanelor fuzibile de rezervă.

În cazul arderii unui patron fuzibil, acesta se va înlocui după stabilirea şi eliminarea cauzei care a provocat arderea.

Patroanele fuzibile se înlocuiesc cu patroane similare. Nu se vor folosi imporvizaţii sau patroane avînd alte caracteristici.

Fuzibilul nu se va monta fără patron sau în afara tubului de protecţie (porţelan).

Scoaterea sau introducerea patroanelor în contactele siguranţei se va face cu circuitul scos de sub tensiune şi de sub sarcină, cu excepţia cazurilor cînd lucrările se efectuează sub tensiune, conform normativelor MEE-PE 114 şi PE 119.

Arderea unei siguranţe fuzibile se înregistrează în registrul operativ prin consemnarea următoarelor: locul de montare a siguranţelor arse, numărul şi curentul nominal al patroanelor arse, cauza arderii siguranţei.

Principalele defecţiuni care pot să apară în timpul exploatării siguranţelor fuzibile şi modul de eliminare a lor sînt prezentate în tabelul 3.12.7.

Patroanele fuzibile arse sau deteriorate se vor colecta pentru depunere sau recondiţionare.

Tabelul 3.12.7

Defecţiuni principale şi modul de remediere

Nr. crt.	Defecţiunea constatată	Modul de acţionare al personalului de exploatare
1	Încălzirea contactelor datorită contactului electric slab	— Curăţirea contactelor cu hîrtie abrazivă — Verificarea stării clemelor de presiune din contacte
2	Spargerea sau fisurarea tubului de porţelan	— Înlocuirea tubului
3	Slăbirea forţei de apăsare a dispozitivului de asigurare	— Reglarea sau înlocuirea arcurilor de strîngere
4	Defectarea indicatorului de funcţionare a siguranţei	— Deblocarea indicatorului sau înlocuirea firului acestuia
5	Conturnarea sau spargerea izolatoarelor suport	— Înlocuirea izolatoarelor
6	Desprinderea capacelor de contact de pe patroane	— Înlocuirea patroanelor

3.12.4. ÎNTREŢINERE, ÎNCERCĂRI ŞI MĂSURĂTORI ÎN EXPLOATARE

Lucrările de întreţinere la siguranţele fuzibile se execută concomitent cu lucrările de întreţinere la echipamentele şi instalaţiile pe care le deservesc.

Normativul prevede lucrări de revizii tehnice (RT), reparaţii curent (RC), reparaţii capitale (RK).

În principal, lucrările de revizii tehnice constau în :

a) revizia contactelor fixe, urmărindu-se :

— toate contactele fixe de pe acelaşi pol să fie aşezate pe acelaşi ax, iar prin introducerea patronului se va constata dacă lamelele de contact calcă cu presiune pe capacele patronului ;

— curăţirea de acizi ;

— înainte de montaj contactele se curăţă de praf şi murdărie şi se ung cu vaselină neutră ;

b) revizia patronului fuzibilelor :

— verificarea patroanelor, care nu trebuie să prezinte fisuri sau crăpături în porţelan, sau în zona armată a capacelor, sau să nu fie deformate ;

— verificarea funcţionării indicatorului de semnalizare pentru a nu fi blocat ;

— verificarea continuităţii firului fuzibil cu inductorul sau ohmetrul ;

— verificarea etanşeităţii anvelopei ;

c) revizia suportului siguranţei ;

— dacă toate şuruburile sînt strînse ;

— dacă izolatoarele de porţelan nu prezintă fisuri sau crăpături şi dacă suprafaţa este curată ;

— vopsirea părţilor metalice.

În cadrul lucrărilor de RC şi RK, în principal, se execută lucrări de reparaţii efectuate în scopul readucerii aparatajului cît mai aproape de caracteristicile iniţiale, cu demontarea parţială sau totală a ansamblurilor componente, recondiţionarea parţială sau totală a ansamblurilor, pieselor uzate. De asemenea, se pot aduce îmbunătăţiri şi modificări.

În cadrul lucrărilor de întreţinere se execută următoarele încercări şi măsurători : verificarea rezistenţei de izolaţie, încercarea cu tensiune mărită de frecvenţă industrială 50 Hz.

Periodicitatea lucrărilor de întreţinere şi costul lor sînt identice cu cele ale instalaţiilor pe care le protejează.

Capitolul 4

CIRCUITE ŞI APARATE PENTRU COMANDĂ, SEMNALIZARE, MĂSURARE, PROTECŢIE ŞI AUTOMATIZARE

4.1. CIRCUITE PENTRU COMANDA ŞI SEMNALIZAREA POZIŢIEI APARATELOR DE COMUTAŢIE PRIMARĂ

Comanda de la distanţă a aparatelor de comutaţie constă în declanşarea unui impuls de comandă ca urmare a unei acţiuni manuale sau automate asupra elementelor de comandă şi în transmiterea acestui impuls elementului de execuţie, care modifică starea aparatului.

În cazul comenzilor executate manual, acţiunea asupra elementului de comandă se numeşte *comandă*, persoana care efectuează operaţia — *operator*, locul de unde se transmite comanda — *punct de comandă*, aparatul prin care se transmite comanda — *cheie de comandă* sau *buton de comandă*, iar elementul de execuţie — *dispozitiv de acţionare*. Conexiunile electrice dintre postul de comandă şi elementul de execuţie alcătuiesc *circuitul de comandă*. Circuitele de comandă sînt deci acele circuite care servesc la acţionarea manuală sau automată, de la faţa locului sau de la distanţă, a aparatelor de conectare şi reglaj.

Semnalizarea de poziţie a aparatelor de comutaţie primară are drept scop indicarea poziţiei acestor aparate în punctul de comandă.

Principalele aparate din staţii şi posturi de transformare la care este folosită comanda şi semnalizarea de la distanţă sînt întreruptoarele şi separatoarele.

4.1.1. CIRCUITE PENTRU COMANDA ŞI SEMNALIZAREA POZIŢIEI ÎNTRERUPTOARELOR

Pentru o funcţionare corespunzătoare, schemele circuitelor de comandă ale întreruptoarelor trebuie să îndeplinească simultan următoarele funcţii :

— să permită menţinerea impulsului de anclanşare sau declanşare pînă la terminarea operaţiei respective de către întreruptor ;

— să blocheze întreruptorul împotriva săriturilor (pompajului) în cazul în care schema interioară a dispozitivului de acţionare al întreruptorului nu a fost prevăzută cu un astfel de blocaj ;

— să fie astfel concepută şi realizată încît să permită atît efectuarea comenzilor manuale, cît şi a celor automate prin protecţie, RAR, AAR etc. ;

— în cazul acţionării manuale sau automate, schemele trebuie să dea informaţii distincte asupra modului de comandă (manual sau automat) ;

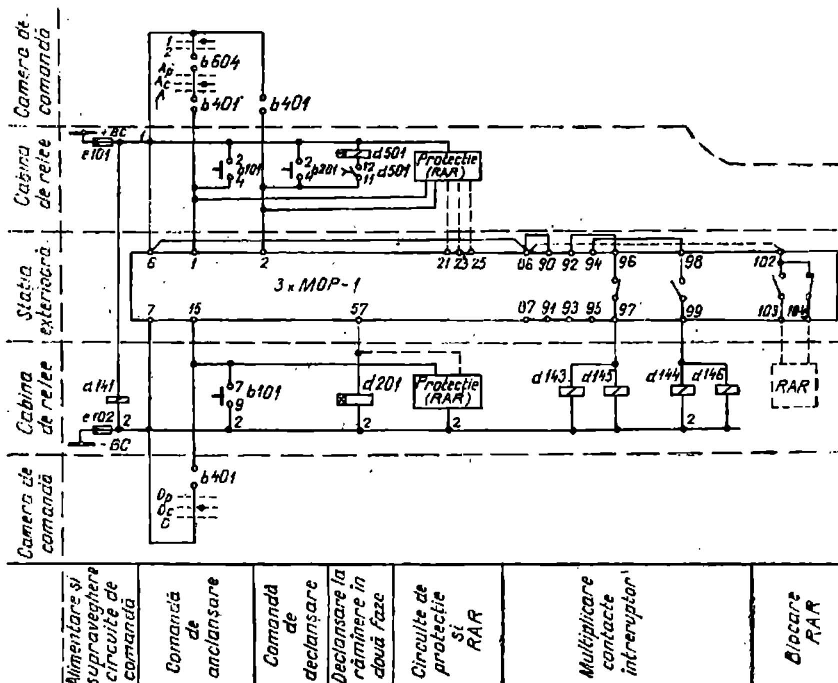


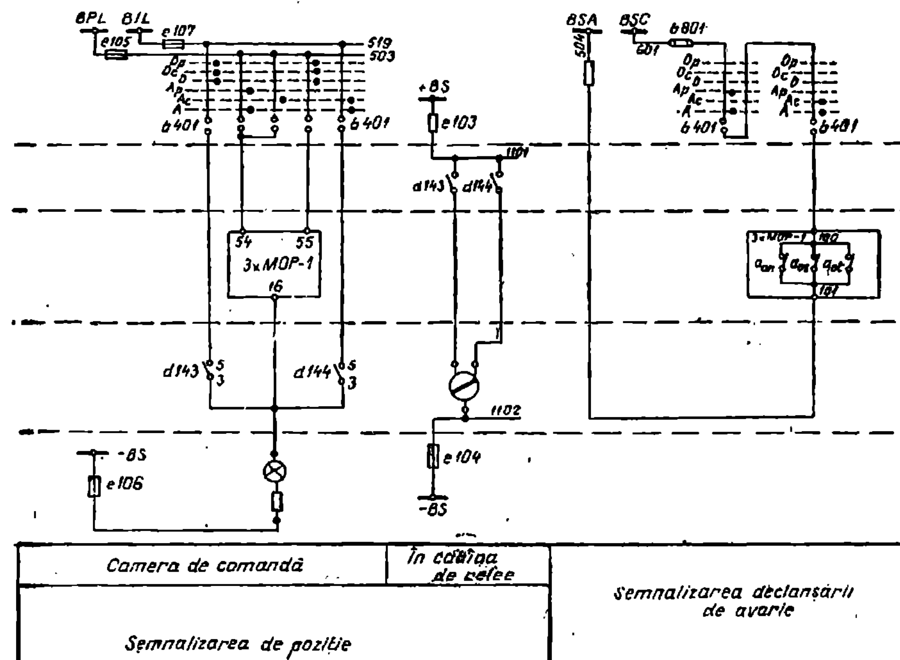
Fig. 4.1.1. Schema de comandă şi semnalizare poziţie întreruptor IO 110—400

— cînd pot fi date comenzi manuale din mai multe locuri, (camera de comandă, cabine de relee, de pe întreruptor etc.) informaţiile asupra comenzilor făcute din camera de comandă se vor diferenţia de cele făcute din alte locuri.

Semnalizările de poziţie trebuie să diferenţieze optic următoarele situaţii ale unui aparat de conectare :

— poziţia declanşat ;
— poziţia anclanşat ;
— poziţia declanşat sau anclanşat necomandate voit din camera de comandă. Acest semnal anunţă comutările care au avut loc în urma unor comenzi prin protecţie, RAR, AAR etc.

În fig. 4.1.1 este prezentată spre exemplificare schema de comandă şi semnalizare a poziţiei unui întreruptor, IO 110—400 kV cu acţionare monofazată cu trei dispozitive MOP-1.



kV cu acţionare monofazică folosind trei dispozitive MOP-1.

Alimentarea circuitelor de comandă cu tensiune operativă se face din baretele $\pm BC$ prin intermediul siguranţelor *e101* şi *e102*. Releul *d141* supraveghează integritatea acestor siguranţe.

Comenzile de anclanşare sau declanşare manuală pot fi date din camera de comandă prin intermediul cheii de comandă cu lampă inclusă *b401*, din cabina de relee prin intermediul butoanelor de comandă

b101 și *b102*, sau de la fața locului prin intermediul butoanelor aflate pe dispozitivul de acționare MOP-1, faza *S*.

Pentru declanșarea la rămînerea în două faze, se folosește releul de timp *d201*. În cazul rămînerii în două faze, bobina acestuia se excită și contactul *11—12* al releului *d201* comandă temporizat declanșarea trifazică a întreruptorului respectiv.

Pentru multiplicarea contactelor auxiliare ale întreruptorului, s-au montat relee intermediare *d143* și *d145*, pentru multiplicarea contactelor normal închise ale întreruptorului și releele intermediare *d144* și *d146*, pentru multiplicarea contactelor normal deschise ale întreruptorului.

Semnalizarea de la distanță a poziției întreruptorului se realizează tot cu ajutorul cheii de comandă cu lampă inclusă. În funcție de poziția cheii de comandă (închisă sau deschisă) față de întreruptor, lampa inclusă poate avea lumină continuă sau pîlpîitoare.

Cînd lampa luminează continuu, înseamnă că există concordanță între poziția întreruptorului și cea a cheii de comandă. În această situație, poziția cheii față de schema oarbă a panoului de comandă indică dacă întreruptorul este anclanșat sau declanșat.

Cînd lampa luminează cu lumină intermitentă, nu există concordanță între poziția cheii și cea a întreruptorului.

Siguranța *e105* alimentează lampa din cheia de comandă cu lumină pîlpîitoare din bareta *BPL* (baretă lumină pîlpîitoare), iar siguranța *e107* alimentează lampa din cheia de comandă cu lumină continuă — *BIL*. Siguranța *106* asigură minusul necesar funcționării lămpii (prin siguranțele *e105* și *e107* se primește un plus).

Pentru indicarea poziției întreruptorului în cabina de relee, se utilizează indicatorul de poziție *h301*.

Declanșarea întreruptorului prin protecție este semnalizată optic datorită luminii pîlpîitoare a cheii de coamndă, ca urmare a apariției necorespondenței dintre cheia de comandă aflată pe poziția închis și poziția întreruptorului care a declanșat prin protecție.

În cazul declanșării prin protecție, plusul de semnalizare cules de pe bareta *BSC* (baretă pentru semnalizări în celule) trece prin intermediul dispozitivului de deconectare *b801*, al cheii de comandă *b401* și al contactelor auxiliare a_{0r}, a_{0s} și a_{0t} ale întreruptorului pe bareta *BSA* (baretă semnalizare avarie), de unde ajunge la panoul de semnalizări centrale, producînd un semnal acustic prin intermediul unei hupe.

În cazul altor tipuri de întreruptoare, acționarea acestora de la distanță se face prin intermediul unor circuite asemănătoare și respectînd aceleași principii ca mai sus. Semnalizările de poziție se fac și ele asemănător. Diferențele care apar se datoresc folosirii altor tipuri de dispozitive de acționare.

4.1.2. CIRCUITE PENTRU COMANDA ŞI SEMNALIZAREA POZIŢIEI SEPARATOARELOR

La separatoare, ca şi la întreruptoare, schemele trebuie să fie astfel realizate încît să permită menţinerea impulsului de anclanşare sau declanşare pînă la terminarea operaţiei respective de către separator.

Se ştie că separatoarele sînt aparate de conectare care nu pot comuta circuite sub sarcină. Pentru a preîntîmpina apariţia unor acţionări intempestive în cazul unei duble puneri la pămînt (una pe (+) şi alta pe (—)), circuitul de comandă al separatoarelor trebuie astfel realizat încît bobinele de comandă ale dispozitivelor de acţionare să aibă, în situaţie de repaus, circuitul de alimentare întrerupt atît pe (+), cît şi pe (—).

În fig. 4.1.2 este prezentată schema de comandă şi semnalizare a poziţiei în cazul unui separator de 220—400 kV, cu acţionare monofazică, utilizînd trei dispozitive de acţionare cu servomotor tip ASE, cîte unul pentru fiecare fază.

După cum se observă, alimentarea circuitelor de comandă se face de la baretele $\pm BS$ prin intermediul siguranţelor *c103* şi *c104*. Integritatea acestor siguranţe este supravegheată de releul intermediar *d142*.

Comenzile de închidere sau deschidere pot fi date din camera de comandă prin intermediul cheii de comandă *b402*, din cabina de relee prin intermediul butoanelor *b102* şi *b202*, sau direct de la dispozitivele *ASE* prin intermediul butoanelor montate pe aceste dispozitive.

Pentru semnalizarea de poziţie în camera de comandă este utilizată cheia de comandă cu lampă inclusă *b402*, care are acelaşi principiu de funcţionare ca şi cheia folosită pentru întreruptoare. Pentru semnalizarea în cabina de relee se foloseşte indicatorul de poziţie *h301*.

În cazul staţiilor electrice cu un număr redus de celule, de pînă la 110 kV inclusiv, acţionarea separatoarelor se poate face manual cu dispozitive AME-5. În acest caz lipseşte cheia de comandă, semnalizarea de poziţie în camera de comandă făcîndu-se prin intermediul indicatoarelor de poziţie, folosindu-se o schemă asemănătoare cu cea anterioară.

4.2. CIRCUITE DE BLOCAJ

În instalaţiile electrice ale staţiilor electrice şi posturilor de transformare intervin o serie de blocaje, realizate pentru a preîntîmpina diferite manevre greşite cu separatoarele, pentru siguranţa personalului de exploatare, sau pentru a asigura respectarea unei anumite succesiuni a diverselor operaţii sau manevre.

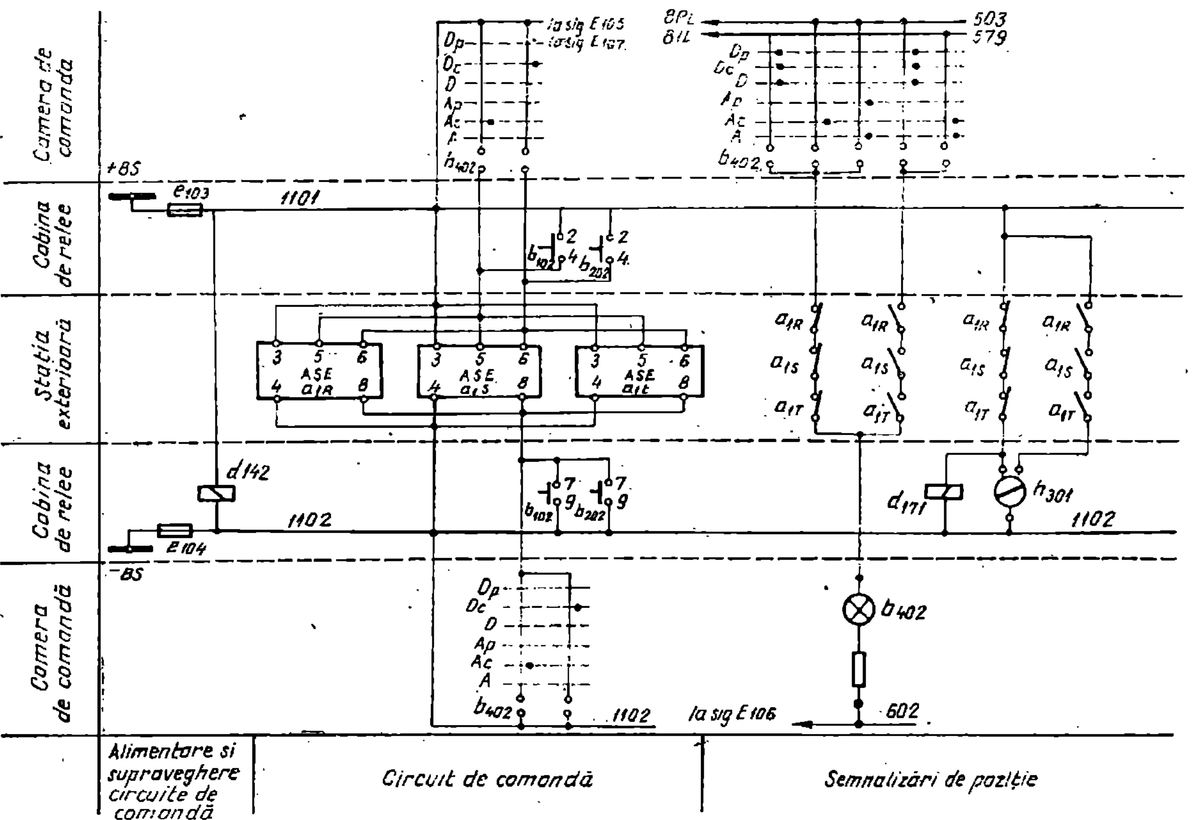


Fig. 4.1.2. Schema de comandă și semnalizare poziție separator 220—400 kV cu acționare monofazică folosind trei dispozitive ASE.

După natura lor, blocajele pot fi:

1) *Blocaje operative.* Aceste blocaje se realizează, de regulă, pentru a evita manevrarea greşită a separatoarelor în staţii şi posturi de transformare.

2) *Blocaje de siguranţă.* Se folosesc pentru a evita intrarea accidentală a personalului de exploatare în instalaţiile electrice sub tensiune.

3) *Blocaje tehnologice.* Se realizează în scopul respectării unei succesiuni stricte a diverselor manevre, impuse de regulă de instalaţiile tehnologice alimentate de staţia sau postul de transformare respectiv.

În tabelul 4.2.1 sînt indicate condiţiile de bază impuse în cazul blocajelor aferente aparatajului din celule.

În tabelul 4.2.2 sînt indicate condiţiile de bază impuse pentru scheme care folosesc cuplă, fără şi cu celule de transfor, sau fără şi cu secţionări longitudinale.

În tabelul 4.2.3 sînt prezentate condiţiile de bază impuse pentru celule de cuplă de transfer.

În tabelul 4.2.4 sînt indicate condiţiile impuse în situaţia executări de manevre cu separatoarele de secţionare longitudinală şi pentru separatoarele de legare la pămînt a barelor colectoare. Condiţiile din acest tabel sînt cumulative, pentru manevrarea unui aparat trebuind să fie îndeplinite toate condiţiile aferente.

4.3. CIRCUITE PENTRU MĂSURARE

Pentru măsurarea curenţilor, tensiunilor, frecvenţelor, puterilor şi energiilor vehiculate pe linii şi prin transformatoare, este necesară instalarea în fiecare celulă — sau pe barele staţiilor — a unor aparate şi circuite de măsurare.

4.4. CIRCUITE PENTRU SINCRONIZARE

Circuitele pentru sincronizare se montează în staţiile de 110—400 kV, care au linii sau transformatoare care pot — sau la un moment dat ar putea — ajunge să interconecteze părţi din sistemul energetic ce funcţionează nesincron.

	SCHEMA / CONDIȚII					
	0	1	2	3	4	5
1	Separatoarele a_1 ; a_2 și a_9 pot fi comandate dacă întreruptorul a_0 este deschis (protecția contra manevrării separatoarelor sub sarcină). Cînd întreruptorul este închis, manevrarea separatoarelor a_1 sau a_2 se poate face cu respectarea condiției 4	×	×	×	×	×
2	Întreruptorul a_0 nu poate fi închis în poziția intermediară a separatoarelor a_1 ; a_2 sau a_9 (blocaj la poziția eronată a separatoarelor)	×	×	×	×	×
3	Separatoarele a_1 și a_2 trebuie să fie reciproc blocate în așa fel încît numai unul să poată fi închis (cu excepția cazului cînd se respectă condiția 4). În poziție intermediară (poziție eronată) a unui separator, altul nu trebuie să poată fi comandat	—	—	—	—	—
4	Un al doilea separator de bare a_1 sau a_2 din aceeași celulă poate fi închisă numai cînd cupla transversală este închisă. După aceasta, poate fi deschis unul din cele două separatoare ce au fost închise. Separatorul rămas în poziția „închis" trebuie din nou blocat contra comenzii, cînd întreruptorul corespunzător este închis (trecerea de pe o bară pe alta sub sarcină)	—	—	—	—	—
5	Separatorul a_1 sau a_2 poate fi închis numai cînd separatorul corespunzător de legare la pămînt a barelor din secția respectivă de bare este deschis și în caz că există un separator longitudinal, numai dacă el nu este în poziția intermediară	×	×	×	×	×
6	Separatorul a_9 poate fi comandat numai dacă separatorul de legare la pămînt a_8 este deschis	—	—	×	×	—

blocajele aparatelor din celule

6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×
—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×
×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
—	×	×	—	—	×	×	—	—	×	×

	0	1	2	3	4	5
7	Separatorul a_7 poate fi comandat numai cînd separatorul de legare la pămînt a_4 și cel de legare la pămînt al barei de transfer, sînt ambele în poziție corectă „deschis", iar dacă există un separator longitudinal al barei de transfer, numai cînd acesta nu este în poziție intermediară	—	×	—	×	—
8	Separatoarele a_7 ale fiecărei celule ale unei secții de bare de transfer trebuie să fie blocate unul față de celălalt, în așa fel încît, în afară de separatorul a_7 din cupla de transfer, să poată fi închis numai un separator a_7 dintr-o celulă (funcționare prin celula cuplei de transfer)	—	×	—	×	—
9	Condiția 9 poate fi ridicată numai după executarea unei operații speciale de deblocare (funcționare cu ocolire)	—	×	—	×	—
10	Separatorul de legare la pămînt a_8 poate fi comandat numai dacă separatoarele a_6 și a_7 sînt deschise	—	—	×	×	—
11	Separatorul de legare la pămînt a cablului sau a liniei aeriene a_8, se recomandă, în afară de alte condiții, să fie permanent blocat (zăvorît) așa fel încît orice manevră să poată fi executată după o operație specială de deblocare	—	—	×	×	—
12	Trebuie prevăzută posibilitatea executării oricărei manevre fără îndeplinirea condițiilor de blocaj ; manevrele, în acest caz, se fac pe răspunderea operatorului	×	×	×	×	×
13	Este necesar ca schemele să fie realizate în așa fel încît, după dispariția temporară și revenirea tensiunii auxiliare sau a presiunii aerului comprimat, blocajele să fie corect realizate	×	×	×	×	×
	Condiții suplimentare pentru aparataj, în celulele cu separatoare de legare la pămînt în celula (a_{51} și a_{52})					
1	Separatoarele a_1 și a_2 pot fi comandate numai cînd separatorul de legare la pămînt a_{51} este deschis	—	—	—	—	×
2	Separatorul a_6 poate fi comandat numai cînd separatorul a_{52} este deschis	—	—	—	—	×

6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
×	—	×	—	×	—	×	—	×	—	×
×	—	×	—	×	—	×	—	×	—	×
×	—	×	—	×	—	×	—	×	—	×
—	×	×	—	—	×	×	—	—	×	×
—	×	×	—	—	×	×	—	—	×	×
×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
×	×	×	—	—		—	×	×	×	×
×	×	×	—	—	—	—	×	×	×	×

	0	1	2	3	4	5
3	Separatoarele a_{51} și a_{52} pot fi comandate numai cînd separatoarele a_1, a_2 și a_9 sînt deschise	—	—	—	—	×
4	Separatoarele a_1 și a_2 pot fi închise cînd separatorul a_{51} este deschis	—	—	—	—	×
5	Separatorul a_9 poate fi închis cînd separatorul a_{52} este deschis	—	—	—	—	×

Condiții de bază, pentru cuplă fără și cu celule de

	SCHEMA / CONDIȚII			
	0	1	2	3
1	Separatoarele a_1, a_2, a_3, a_4 și a_7 pot fi comandate numai cînd întreruptorul a_0 este deschis (protecția contra manevrării separatoarelor sub sarcină)	×	×	×
2	În poziția intermediară a separatoarelor a_1, a_2, a_3, a_4 sau a_7, întreruptorul a_0 nu poate fi anclanșat (protecție împotriva poziției eronate a separatoarelor)	×	×	×
3	Separatoarele a_1, a_2 respectiv a_3, a_4 trebuie să fie reciproc blocate în așa fel încît în fiecare grupă să nu poată fi închis decît un singur separator	—	×	
4	Separatoarele a_1, a_2, a_3, a_4 pot fi comandate cînd separatoarele de legare la pămînt a barelor respective sînt deschise și separatoarele de secționare longitudinală a barelor respective nu sînt în poziție intermediară	×	×	×

6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
×	×	×	—	—	—	—	×	×	×	×
×	×	×	—	—	—	—	×	×	×	×
×	×	×	—	—	—	—	×	×	×	×

Tabelul 4.2.2

transfer, fără și cu secționări longitudinale

4	5	6	7	8
×	×	×	×	×
×	×	×	×	×
×	×	×	×	×
×	×	×	×	×

	0	1	2	3
5	Separatorul a_7 al barei de transfer poate fi comandat numai atunci cînd toate separatoarele barei de transfer din celule sînt deschise, sau cel mult unul este închis, separatorul de legare la pămînt a secției corespunzătoare barei de transfer, este deschis și separatorul de secționare longitudinală a barei de transfer nu este în poziție intermediară	—	—	—
6	Separatoarele a_1, a_2 respectiv a_3, a_4 care sînt legate direct (deci nu prin întreruptor) cu separatorul a_7 al barei de transfer trebuie să fie astfel blocate față de separatorul a_7, încît dacă separatorul barei de transfer este închis, nici unul din separatorele grupei respective să nu poată fi comandat și invers	—	—	—
7	Întreruptorul din celula de cuplă de transfer a_0 poate fi anclanșat numai cînd în nici o celulă a secției de bare de transfer respective sau a unei alte secții legate cu acestea, separatorul de la barele de transfer nu este în poziție intermediară	—	—	—
8	Întreruptorul de cuplă a_0 poate fi declanșat numai cînd în fiecare celulă nu este închis mai mult decît un separator de bare, nici un altul nu este în poziție intermediară și de asemenea nici un separator de secționare longitudinală din cuplă nu este în poziție intermediară (blocajul întreruptorului de cuplă)	×	×	×

Tabelul 4.2.2 (continuare)

4	5	6	7	8
—	×	×	×	×
—	×	×	×	×
—	×	×	×	×
×	×	×	×	×

	0	1	2	3
9	Un separator de secționare longitudinală a_{21} sau a_{24} poate fi comandat cînd într-una din cele două secții de bare respective (sau în secțiile de bare colectoare parcurse) toate separatoarele de bare sînt deschise și cînd în ambele secții de bare formate de separatoarele longitudinale, separatoarele de legare la pămînt a barelor sînt deschise	—	×	—
10	Un separator de secționare longitudinală a barelor a_{21}, a_{24} poate fi comandat cînd există o cale de curent paralelă, printr-o cuplă longitudinală	—	×	—
11	Un separator de secționare longitudinală a_{21} și a_{24} poate fi comandat cînd în ambele secții de bare formate de separatorul longitudinal, separatoarele de legare la pămînt a barelor sînt închise adică atunci cînd există puneri la pămînt de ambele părți ale separatorului longitudinal	—	×	—
12	Trebuie prevăzută posibilitatea executării oricărei manevre fără îndeplinirea condițiilor de blocaj. Manevrele, în acest caz, se fac pe răspunderea operatorului	×	×	×
13	Este necesar ca schemele să fie realizate în așa fel încît după dispariția temporară și revenirea tensiunii auxiliare sau a presiunii aerului comprimat, blocajele să fie corect realizate	×	×	×
	Condiții suplimentare pentru aparataj în celule cu separatoare de legare la pămînt în celulă (a_{51} și a_{52}).			
1	Separatoarele a_1, a_2, a_3, a_4 și a_7 pot fi comandate numai cînd separatoarele a_{51} și a_{52} sînt deschise	—	—	×
2	Separatoarele a_{51} și a_{52} pot fi comandate numai cînd separatoarele a_1, a_2, a_3, a_4 și a_7 sînt deschise	—	—	×
3	Separatoarele a_1, a_2, a_3, a_4 pot fi închise cînd separatorul a_{51} este deschis	—	—	×
4	Separatorul a_7 poate fi închis cînd separatorul a_{52} este deschis	—	—	—

4	5	6	7	8
×	–	×	–	×
×	–	×	–	×
×	–	×	–	×
×	×	×	×	×
×	×	×	×	×
×	–	–	×	×
×	–	–	×	×
×	–	–	×	×
–	–	–	×	×

Condiţii de bază pentru celula de cuplă de transfer

	SCHEMĂ / CONDIŢII				
	0	1	2	3	4
1	Separatoarele a_1, a_2 şi a_7 pot fi comandate numai cînd întreruptorul a_0 este deschis (protecţia contra manevrării separatoarelor sub sarcină). Cînd întreruptorul este închis manevrarea separatoarelor a_1 sau a_2 se poate face cu respectarea condiţiei 4	×	×	×	×
2	În poziţia intermediară a separatoarelor a_1, a_2 sau a_7, întreruptorul a_0 nu poate fi anclanşat (protecţie la poziţia eronată a separatoarelor)	×	×	×	×
3	Separatoarele a_1, a_2 trebuie să fie blocate reciproc în aşa fel încît doar unul din ele să poată fi închis (cu excepţia cazului cînd se respectă condiţia 4). În poziţia intermediară a unui separator, altul să nu poată fi conectat	—	—	×	×
4	Cînd cupla transversală este închisă, poate fi închis un al doilea separator de bare a_1 sau a_2. După aceea, poate fi deschis unul din cele două separatoare închise. Separatorul rămas în poziţia închis trebuie din nou blocat contra comenzii, dacă întreruptorul corespunzător este închis	—	—	×	×
5	Separatoarele a_1 şi a_2 pot fi comandate cînd separatorul de legare la pămînt a barelor colectoare corespunzătoare secţiei de bare este deschis, iar dacă există un separator longitudinal, numai cînd acesta nu este în poziţie intermediară	×	×	×	×

	0	1	2	3	4
6	Separatorul barelor de transfer a_7 poate fi comandat numai cînd celelalte separatoare ale barelor de transfer din celule sînt deschise, sau cel mult unul este închis, separatorul de legare la pămînt a barei de transfer corespunzătoare este deschis și separatorul longitudinal aferent al barelor de transfer nu este în poziția intermediară	×	×	×	×
7	Întreruptorul din celula cuplei de transfer a_0 poate fi anclanșat cînd în nici o celulă a secției de bare de transfer corespunzătoare sau a unei alte secții legate cu aceasta nu există un separator de bare de transfer în poziție intermediară	×	×	×	×
8	Trebuie prevăzută posibilitatea executării oricărei manevre, fără îndeplinirea condițiilor de blocaj. Manevrele, în acest caz, se fac pe răspunderea operatorului	×	×	×	×
9	Este necesar ca schemele să fie realizate în așa fel, încît după dispariția temporară și revenirea tensiunii auxiliare sau a presiunii aerului comprimat, blocajele să fie corect realizate	×	×	×	×
	Condiții suplimentare pentru celula de cuplă de transfer cu separatoare de legare la pămînt în celulă (a_{s1} : a_{s2}).				
1	Separatoarele a_1 și a_2 pot fi comandate numai cînd separatorul a_{s1} este deschis	—	×	—	×
2	Separatoarele a_{s1} și a_{s2} pot fi comandate numai cînd separatoarele a_1, a_2 și a_7 sînt deschise	—	×	—	×
3	Separatoarele a_1 și a_2 pot fi închise numai cînd separatorul a_{s2} este deschis	—	×	—	×
4	Separatorul a_7 poate fi închis cînd separatorul a_{s2} este deschis	—	×	—	×

Tabelul 4.2.4

Condiții de bază pentru separatoarele de secționare longitudinală și pentru separatoarele de legare la pămînt a barelor colectoare

	SCHEMA / CONDIȚII	a_{21}; a_{21}, a_{24}	a_{16}; a_{16}, a_{26}	a_{21}, a_{16}; a_{21}, a_{24}, a_{36}, a_{46}; a_{21}, a_{16}; a_{21}, a_{16}, a_{26}, a_{24}	a_{21}, a_{16}, a_{38}; a_{21}, a_{16}, a_{26}, a_{24}, a_{36}, a_{46}
	0	1	2	3	4
1	Un separator de secționare longitudinală a barelor colectoare a_{21} sau a_{24} poate fi comandat cînd într-una din cele două secții de bare colectare (și în secțiile de bare cuplate cu acestea) toate separatoarele de bare sînt deschise și cînd în ambele secții de bare formate de separatoarele longitudinale, separatoarele de legare la pămînt a barelor sînt deschise. În caz contrar trebuie respectată condiția 2	×	—	×	×
2	Un separator de secționare longitudinală a_{21} sau a_{24} poate fi comandat cînd în ambele secții de bare formate de separatoarele longitudinale, separatoarele de legare la pămînt sînt conectate, adică atunci cînd există legătură la pămînt de ambele părți ale separatorului de secționare longitudinală	×	—	×	×

3	Un separator de legare la pămînt a barelor colectoare a_{16}, a_{26} respectiv a_{36}, a_{46} poate fi comandat cînd în secția de bare corespunzătoare toate separatoarele de bare ale sistemului corespunzător sînt deschise și cînd ambele separatoare de bare longitudinale care delimitează aceste secții sînt deschise. În caz contrar se va respecta condiția 4	—	×	×	×
4	Un separator de legare la pămînt a barelor colectoare a_{16}, a_{26} respectiv a_{36} sau a_{46} poate fi comandat după o operație specială de deblocare	—	×	×	×
5	Trebuie prevăzută posibilitatea executării oricărei manevre fără îndeplinirea condițiilor de blocaj. Manevrele, în acest caz, se fac pe răspunderea operatorului	×	×	×	×
6	Este necesar ca schemele să fie realizate în așa fel încît, după dispariția temporară și revenirea tensiunii auxiliare sau a aerului comprimat, blocajele să fie corect realizate	×	×	×	×

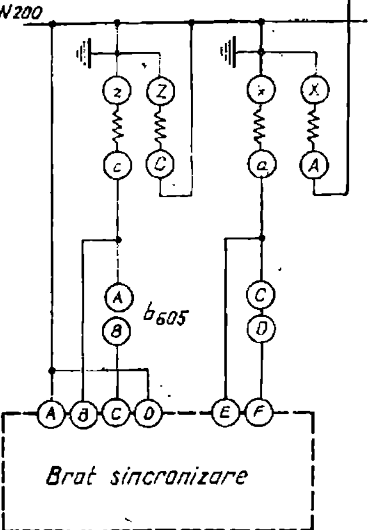
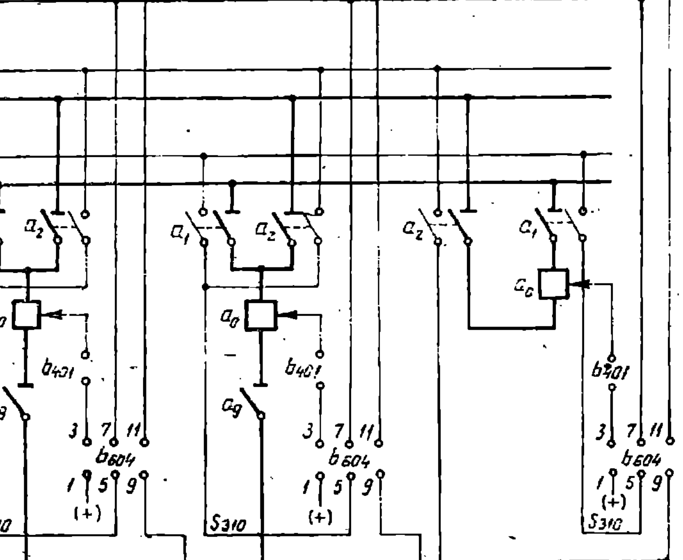



Fig. 4.4.1. Schema simplificată de sincronizare utilizată în stații de înaltă tensiune.

Dispozitivele de sincronizare propriu-zise sînt alcătuite dintr-un braţ de sincronizare, care conţine un dublu voltmetru, dublu frecvenţmetru şi sincronoscop.

În fig. 4.4.1 este prezentată o schemă simplificată de sincronizare într-o staţie.

În principiu, braţul de sincronizare trebuie alimentat cu cîte o tensiune secundară (de măsurare) aparţinînd celor două părţi ale sistemului energetic care urmează a fi interconectate.

La linii, se compară tensiunea de pe barele staţiei cu tensiunea de pe linie, la transformatoare se compară tensiunile de pe înaltă cu cele de pe joasă, iar la cuple se compară tensiunile de pe barele ce urmează a fi interconectate.

Aşa cum se observă în schema din fig. 4.4.1, tensiunile ce urmează a fi comparate ajung la braţul de sincronizare prin intermediul baretelor de sincronizare *1BSI* şi *2BSI*. Bareta *1BSI* corespunde sistemului de referinţă, iar bareta *2BSI* corespunde sistemului care se sincronizează cu primul. Tensiunile de referinţă se culeg pentru bareta *1BSI* din nucleele de măsurare de pe bare, sau din sistemul de alegere a tensiunilor, prin intermediul contactelor auxiliare ale separatoarelor de bare şi al cheii de sincronizare *b604*. Printr-un alt contact al cheii *b604* se alimentează bareta *2BSI* cu o tensiune aparţinînd sistemului al cărui sincronism trebuie verificat cu primul.

Pentru a preîntîmpina închiderea din greşeală a întreruptoarelor fără a controla sincronismul dintre părţile de sistem ce urmează a fi interconectate, comanda de anclanşare manuală prin cheia de comandă *b 401* nu poate fi făcută decît dacă a fost conectată în prealabil cheia de sincronizare *b604* şi sînt îndeplinite condiţiile de sincronism.

Se precizează condiţiile de sincronism ale celor două părţi ale sistemului energetic care urmează a fi interconectate, în punctul în care se face cuplarea :

— valorile tensiunilor instantanee să fie egale ca mărime şi de sens contrar ;

— frecvenţele să fie egale ;

— ordinea de succesiune a fazelor tensiunilor să fie aceaşi R-S-T.

4.5. CIRCUITE PENTRU SEMNALIZARE

În staţii şi posturi de transformare se prevăd în general următoarele tipuri de semnalizări :

a) **Semnalizări de poziţie.** Asigură semnalizarea la distanţă a poziţiei diverselor aparate de comutare şi reglare, ca : întreruptoare, separatoare, contactoare, comutatoare de ploturi etc. Despre semnalizarea de poziţie a întreruptoarelor şi separatoarelor s-a discutat la § 4.1.1 şi 4.1.2.

Semnalizarea la distanță a poziției comutatoarelor de ploturi se face prin intermediul unui dispozitiv de măsurare logometric care măsoară practic niște rezistențe etalon aflate în dispozitivul de acționare a comutatorului și introduse în circuitul de măsurare în mod succesiv, ca urmare a trecerii comutatorului de ploturi de pe un plot pe alt plot.

Semnalizarea poziției miezului la bobinele de stingere se face prin intermediul unui voltmetru care măsoară o cădere de tensiune culeasă de pe un autotransformator al cărui cursor este solidar cu miezul reglabil al bobinei de stingere. Voltmetrul este etalonat în amperi, indicînd direct curentul de compensare al bobinei.

b) **Semnalizarea de avarie.** Are rolul de a anunța optic și acustic declanșarea prin protecție a unui întreruptor. Semnalizarea optică se face prin intermediul luminii pîlpîitoare care apare în cheia de comandă a întreruptorului ce a declanșat. Așa cum s-a arătat, lumina pîlpîitoare apare ca urmare a necorespondenței dintre poziția cheii de comandă, aflată pe poziția anclanșat, și poziția întreruptorului care a declanșat automat prin protecție.

Semnalul acustic apare tot prin intermediul cheii de comandă, în momentul apariției necorespondenței dintre poziția cheii și cea a întreruptorului. După cum rezultă din fig. 4.1.1, plusul de semnalizare cules de pe bareta *BSC* trece prin cheia de comandă aflată pe poziția anclanșat și ajunge prin intermediul rezistenței de avarie pe bareta de semnalizare de avarie *BSA*. Prin intermediul acestei barete, semnalul ajunge la panoul de semnalizări centrale *PSC*, care emite un semnal acustic prin intermediul unei hupe.

Întreruperea semnalului optic se face prin punerea cheii de comandă pe poziția declanșat, iar anularea semnalului acustic se face prin intermediul unui buton de anulare din *PSC*.

c) **Semnalizări preventive.** Au drept scop avertizarea optică și acustică a personalului de exploatare asupra unor abateri ale instalației de la regimul normal de funcționare, care prin natura lor ar putea conduce la avarii în instalație.

În fig. 4.5.1 este prezentat modul de formare și transmitere a semnalizărilor preventive. Astfel, în momentul apariției unui deranjament, ca urmare a închiderii unui contact aparținînd unui releu, contactor, întreruptor automat etc., plusul de semnalizare este adus la o casetă (*h201*÷*h205*) și apoi prin intermediul baretelor de semnalizări preventive *1—2BSP* sau *3—4BSP*, la *PSC*.

Prin aprindere, caseta transmite semnalul optic dînd o informație precisă asupra deranjamentului. Semnalul acustic este transmis de o sonerie aflată în panoul de semnalizări centrale.

Anularea semnalului optic se produce în momentul cînd a dispărut cauza care l-a generat. Anularea semnalului acustic se poate face din panoul de semnalizări centrale *PSC* prin intermediul unui buton de anulare.

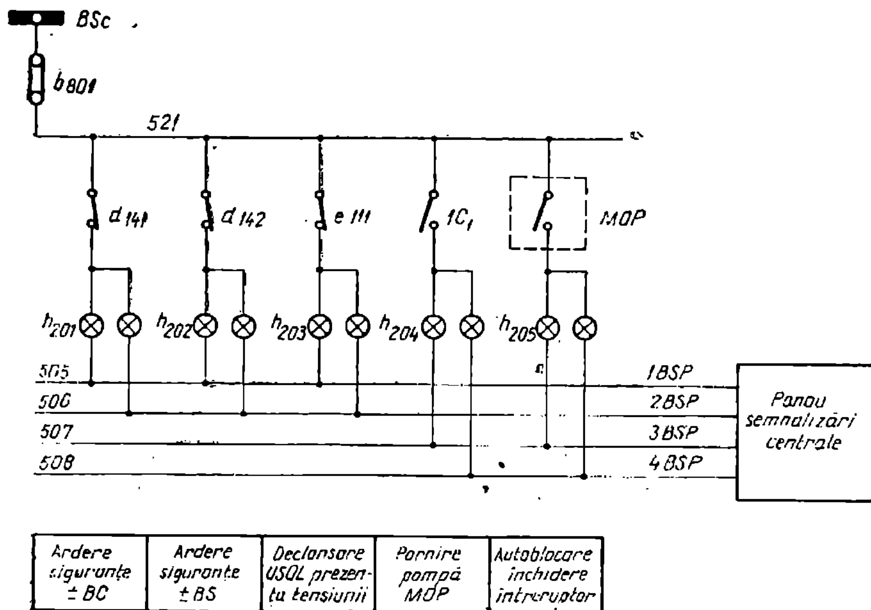


Fig. 4.5.1. Funcționarea și transmiterea semnalizărilor preventive.

Baretele *1-2BSP* transmit semnalul optic și acustic simultan cu apariția deranjamentului. Ele sînt folosite pentru a înștiința personalul de exploatare asupra producerii unor deranjamente care pot genera defecte grave și care trebuie remediate neîntîrziat. Astfel de semnalizări pot fi : „ardere siguranțe de comandă“, „ardere siguranțe de semnalizare“, „ardere siguranțe baterie de acumulatoare“, „declanșat siguranțe automate la transformatoarele de măsură“, „lipsă tensiuni protecție de distanță“ etc.

Baretele *3-4BSP* transmit semnalul optic simultan cu apariția deranjamentului, dar semnalul acustic se transmite cu o anumită temporizare. Introducerea temporizării a fost necesară deoarece există anu-

mite deranjamente care pot avea un caracter pasager și dispar de la sine. În situația că deranjamentul persistă se transmite și semnalul sonor. Astfel de semnalizări pot fi : „pornire pompă MOP“, „autoblocare închidere întreruptor“, „punere la pămînt în curent continuu“ etc.

4.6. CIRCUITE PENTRU PROTECȚIE ȘI AUTOMATIZARE

Protecția prin relee cuprinde totalitatea dispozitivelor destinate separării unei instalații electrice în caz de defectare, sau de ivire a unui regim anormal de funcționare periculos pentru instalație. Separarea instalațiilor electrice afectate se face prin întreruptoare a căror declanșare se efectuează în mod automat. În cazul unor regimuri anormale, care nu prezintă un pericol imediat, protecția prin relee comandă numai o semnalizare care avertizează personalul de exploatare.

Prin comanda declanșării întreruptoarelor și prin separarea instalațiilor electrice protejate, se urmărește :

— preîntîmpinarea distrugerii elementului în care a apărut defectul ;

— împiedicarea extinderii defectului urmată de o posibilă avarie gravă ;

— restabilirea regimului normal de funcționare pentru restul sistemului energetic, în scopul asigurării continuității în alimentarea cu energie electrică a diverșilor consumatori.

Pentru îndeplinirea dezideratelor de mai sus, protecția prin relee trebuie să fie :

— *selectivă,* să deconecteze numai elementul avariat, astfel încît să permită funcționarea în continuare a restului instalațiilor ;

— *sensibilă,* să permită sesizarea defectelor sau regimurilor anormale chiar și în situația cînd acestea se deosebesc cu puțin de regimul normal de funcționare ;

— *sigură,* să acționeze corect în orice situație ce se impune, chiar și după o lungă perioadă de repaus ;

— *rapidă,* să elimine defectele într-un timp suficient de scurt, pentru a nu se produce perturbări în instalațiile care trebuie să rămînă în funcțiune.

Circuitele și dispozitivele de automatizare au drept scop realizarea unor indici tehnico-economici cît mai ridicați și menținerea unor parametri de funcționare corespunzători în sistemul energetic.

4.6.1. CIRCUITE PENTRU PROTECȚIE

4.6.1.1. PROTECȚIA TRANSFORMATOARELOR DE PUTERE

Transformatoarele trebuie prevăzute cu protecții prin relee împotriva defectelor interioare și exterioare lor.

Defectele *interioare* sînt defectele care pot apare în transformator, sau pe barele de legătură dintre acesta și transformatoarele de curent de pe înaltă și joasă tensiune. Dintre defectele interioare menționăm :

— scurcircuite polifazate în înfășurări, la borne și pe barele de legătură ;

— scurtcircuite între spirele aceleiași faze și atingerile la masă ale înfășurărilor sau bornelor.

Defectele *exterioare* sînt defectele ce apar în rețelele la care sînt racordate înfășurările de înaltă și de joasă tensiune de la transformatoarele de curent de pe înaltă sau joasă tensiune, spre exterior. Dintre defectele exterioare menționăm :

— supracurenți generați de scurtcircuite exterioare ;

— suprasarcini în rețeaua alimentată.

1) **Protecția împotriva defectelor interioare transformatoarelor.** *Protecția de gaze* (fig. 4.6.1). Este una din protecțiile de bază ale transformatoarelor de putere împotriva defectelor interioare. Ea acționează în

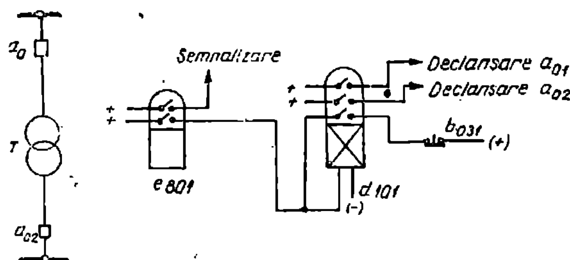


Fig. 4.6.1. Schema de principiu a protecției de gaze a transformatoarelor.

urma apariției unor defecte în cuva transformatoarelor însoțite de degajări de gaze lente — cînd protecția lucrează de regulă la semnalizare, sau intense — cînd protecția lucrează la declanșare. În mod normal, ea comandă declanșarea ambelor întreruptoare (de pe înaltă și de pe joasă tensiune).

Protecția de gaze se prevede de obicei pentru transformatoare cu puteri mai mari sau cel puțin egale cu 1 000 kVA. Poate fi folosită și la transformatoare cu puteri mai mari sau cel puțin egale cu 100 kVA, dacă transformatoarele respective dispun de întreruptoare pe partea de alimentare.

Elementul principal al protecției este releul de gaze Buchholtz (vezi scap. 3.1).

La degajări intense de gaze, contactul releului Buchholtz se poate închide un timp foarte scurt, insuficient pentru ca releele de execuție să efectueze comanda de declanșare. Pentru a elimina acest neajuns, comanda de declanșare trebuie menținută un timp mai îndelungat, folosind fie relee cu o temporizare la revenire de 1—2 s, fie autoreținerea releului intermediar care primește impulsul de la releul Buchholtz, prin intermediul unui contact normal închis al unui buton *b 031* (fig. 4.6.1) folosit pentru deblocarea protecției.

Protecția diferențială longitudinală (fig. 4.6.2). Acționează împotriva defectelor interioare, la borne și pe barele de legătură ale transformatoarelor. Zona protejată este cuprinsă între transformatoarele de curent. Protecția comandă declanșarea tuturor întreruptoarelor transformatorului.

Ea se prevede în general la transformatoare cu puterea nominală mai mare sau cel puțin egală cu 10 000 kVA. Se poate folosi și la transformatoare cu puteri mai mici, în cazul cînd se alimentează consumatori importanți, sau dacă funcționează mai multe transformatoare în paralel și se cer condiții deosebite de selectivitate.

În funcție de necesități, protecția diferențială poate fi realizată cu :

— relee maximale de curent în montaj diferențial ;

— relee maximale de curent și transformatoare intermediare cu saturație rapidă ;

— relee speciale care au transformatoare cu saturație rapidă și înfășurări de frînare ;

— relee cu frînare și blocare prin armonici superioare etc.

În fig. 4.6.2 este indicat principiul de funcționare al protecției diferențiale longitudinale. După cum se observă, în cazul unui defect exterior zonei protejate, curentul i_d prin releul diferențial este nul, deci protecția nu acționează. În cazul unui defect interior zonei protejate, curentul i_d prin releul diferențial este suma celor doi curenți secundari $i_d = i_1 + i_2$, releul diferențial acționînd în sensul declanșării întreruptoarelor a_{01} și a_{02}.

Secționarea de curent (fig. 4.6.3). Acționează împotriva defectelor interioare, la borne și pe barele de legătură ale transformatoarelor. Ea se instalează pe partea alimentării pe două sau pe trei faze, după cum transformatorul este alimentat de la o rețea cu neutrul izolat sau legat la pămînt.

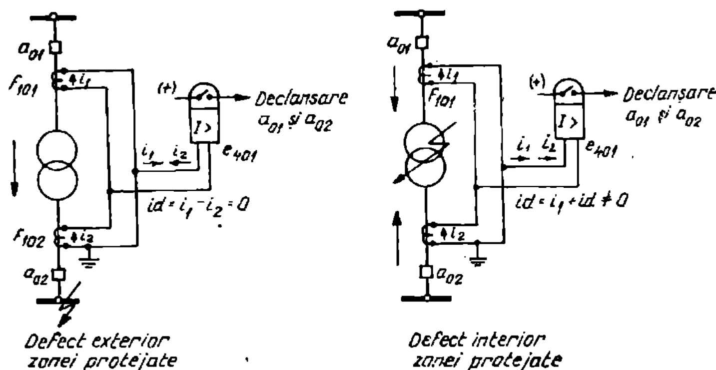


Fig. 4.6.2. Principiul de funcționare a protecției diferențiale longitudinale a transformatoarelor.

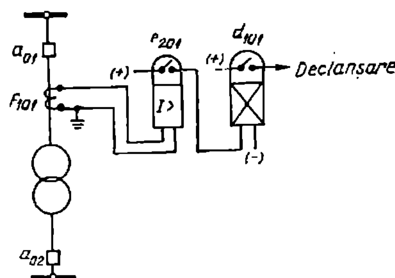


Fig. 4.6.3. Schema de principiu a protecției secționare de curent a transformatoarelor.

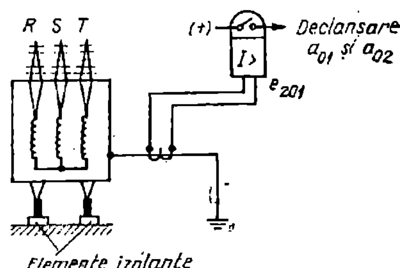


Fig. 4.6.4. Schema de principiu a protecției de cuvă (Chevalier) a transformatoarelor.

Protecția comandă declanșarea ambelor întreruptoare ale transformatorului. Ea se prevede de regulă la transformatoarele care nu au protecție diferențială și cu puterea nominală mai mică sau cel mult egală cu 10 000 kVA.

Protecția de cuvă (Chevelier) (fig. 4.6.4). Acționează la defecte care apar ca urmare a distrugerii izolației dintre înfășurări și masă, ceea ce echivalează cu un scurtcircuit monofazat în rețelele cu neutrul legat la pămînt.

Ea trebuie să comande declanşarea ambelor întreruptoare. Protecţia se foloseşte la transformatoarele care au toate înfăşurările legate în reţele cu neutrul legat la pămînt sau prin rezistenţe şi poate înlocui protecţia diferenţială pentru transformatoare cu puterea nominală mai mică sau cel mult egală cu 40 000 kVA.

Pentru ca protecţia să funcţioneze, transformatorul trebuie să se monteze complet izolat faţă de pămînt, rezistenţa de izolaţie dintre transformator şi pămînt trebuind să fie mai mare sau egală cu 10 MΩ.

Elementul care sesizează apariţia unei puneri la pămînt este un releu de 0,5—2 A montat în secundarul unui transformator toroidal de curent de 50—200/5 A, care se dispune pe conductorul de punere la pămînt al cuvei.

2) **Protecţia împotriva defectelor exterioare transformatorului.** *Protecţia maximală de curent* (fig. 4.6.5). Este utilizată împotriva supracurenţilor periculoşi care pot lua naştere în transformator ca urmare a unor scurtcircuite pe liniile alimentate de acesta. Ea mai poate fi folosită şi ca rezervă a protecţiilor ce acţionează împotriva defectelor interioare.

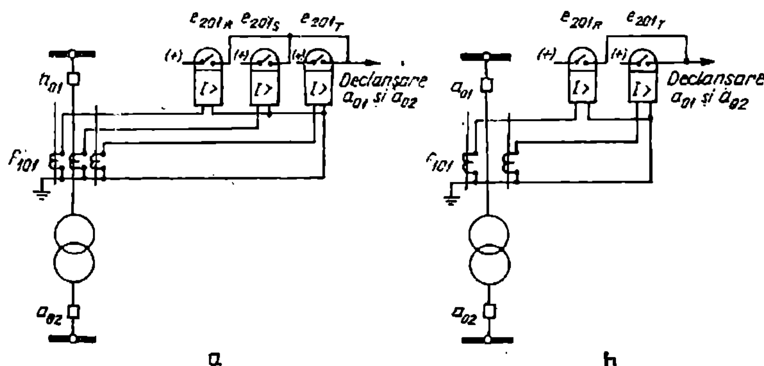


Fig. 4.6.5. Schema de principiu a protecţiei maximale de curent a transformatoarelor :

a — în reţele cu neutrul legat la pămînt ; *b* — în reţele cu neutru izolat.

Protecţia maximală de curent trebuie să fie astfel realizată şi reglată încît să deosebească scurtcircuitele de suprasarcini, să fie sensibilă la orice tip de scurtcircuit exterior, să fie rapidă.

Pentru realizarea protecţiei se folosesc trei transformatoare de curent în reţelele cu neutrul legat la pămînt (fig. 4.6.5 *a*) şi două transformatoare de curent în reţelele cu neutrul izolat (fig. 4.6.5, *b*), cu posibilitatea montării unui al treilea releu de curent, pentru mărirea sensibilităţii.

Protecţia se montează pe partea alimentării. De obicei ea trebuie să comande declanşarea ambelor întreruptoare.

La transformatoarele coborîtoare la care protecţia maximală instalată pe partea sursei nu asigură un coeficient de sensibilitate de 1,2 pe bara de tensiune inferioară, se prevede o protecţie maximală şi pe această bară.

La transformatoarele cu surse pe ambele părţi, cu puteri de cel puţin 10 MVA se prevăd protecţii maximale pe ambele înfăşurări, sensibile la curenţii de scurtcircuit de pe barele respective.

În cazul în care nu se pot realiza coeficienţii de sensibilitate necesari, protecţiile maximale montate la transformatoarele cu alimentare bilaterală se pot completa cu blocaje de minimă tensiune (fig. 4.6.6).

Blocajul de minimă tensiune se instalează şi în cazurile cînd se urmăreşte o desensibilizare a protecţiei faţă de demarajul la suprasarcină. Releele de tensiune ale blocajului se montează în stea sau în triunghi, în aşa fel încît să crească cît mai mult sensibilitatea protecţiei.

De regulă, releele de tensiune se alimentează de la transformatoarele de tensiune de pe partea sursei, protecţia acţionînd şi la defectele care apar în transformator la punerea în funcţiune.

În cazul transformatoarelor cu trei înfăşurări, protecţia maximală, care se montează de regulă pe fiecare înfăşurare, trebuie să acţioneze

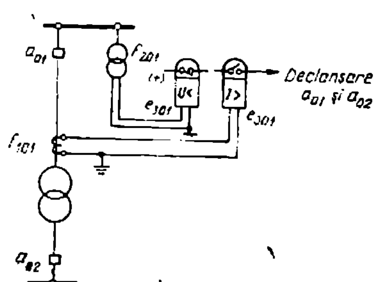


Fig. 4.6.6. Schema de principiu a protecţiei maximale de curent cu blocaj de minimă tensiune a transformatoarelor.

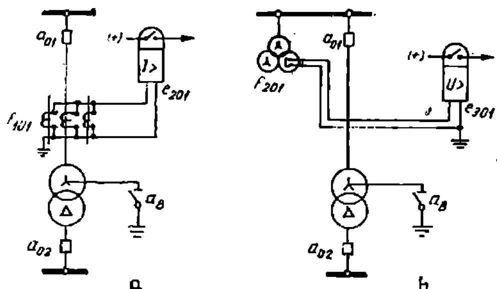


Fig. 4.6.7. Schema de principiu a protecţiei maximale de curent homopolar *(a)*; schema de principiu a protecţiei maximale de tensiune homopolară a transformatoarelor *(b)*.

selectiv numai la defectele de pe barele respective, deconectînd întreruptoarele aferente.

Protecţia maximală de curent homopolar sau tensiune homopolară. Această protecţie se utilizează la transformatoare şi autotransformatoare cu alimentare bilaterală conectate în reţelele cu neutrul legat la pămînt (110—400 kV), fig. 4.6.7.

Ea poate avea rol de rezervă pentru protecția liniilor (defecte exterioare) sau rol de rezervă a protecției de gaze și diferențiale (defecte interioare).

P r o t e c ț i a m a x i m a l ă d e c u r e n t h o m o p o l a r (fig. 4.6.7, *a*) se montează numai pe înfășurarea care are neutrul legat la pămînt. La autotransformatoare, se montează cîte o protecție pe fiecare înfășurare, datorită faptului că neutrul legat la pămînt este comun ambelor rețele.

P r o t e c ț i a m a x i m a l ă d e t e n s i u n e h o m o p o l a r ă (fig. 4.6.7, *b*) poate fi folosită indiferent dacă momentan neutrul transformatorului este conectat sau nu la pămînt. Este necesar numai ca releul de tensiune să fie alimentat de la celula de măsurare de pe barele care aparțin rețelei cu neutrul legat la pămînt la care este conectat transformatorul respectiv.

Protecția de distanță (fig. 4.6.8). Se utilizează la transformatoarele și autotransformatoarele care fac legătura dintre rețelele de 110—400 kV.

Acest lucru este necesar datorită faptului că protecția maximală nu poate asigura totdeauna sensibilitatea necesară în regimurile minime sau de suprasarcină ale funcționării, chiar dacă se introduc blocaje de tensiune minimă sau direcționări.

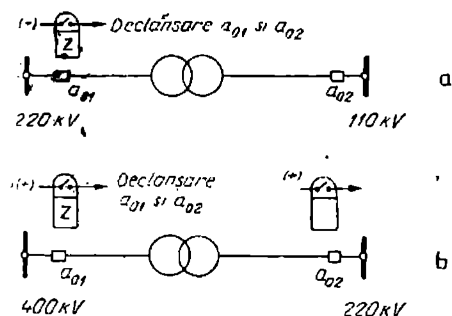


Fig. 4.6.8. Schema de principiu a protecției de distanță a transformatoarelor și autotransformatoarelor.

Protecția de distanță se folosește în general cînd puterea nominală a transformatoarelor sau autotransformatoarelor este mai mare sau egală cu 200 MVA. Pentru puteri mai mici protecția se utilizează ori de cîte ori situația o cere.

Protecția de distanță se montează :

— pe partea alimentării sau alimentării principale la unitățile cu tensiunea superioară de 220 kV (fig. 4.6.8, *a*) ;

— pe ambele părți (înaltă și joasă) la unitățile cu tensiunea superioară de 400 kV (fig. 4.6.8, *b*).

Protecția de suprasarcină (fig. 4.6.9). Se montează pe o singură fază, suprasarcinile generînd curenți simetrici. De regulă, în stațiile cu per-

sonal ea comandă temporizat semnalizarea „suprasarcină", iar în cele fără personal sau telemecanizate poate comanda declanşarea.

Protecţia de supratemperatură. Regimurile anormale de funcţionare pot conduce la apariţia supratemperaturilor.

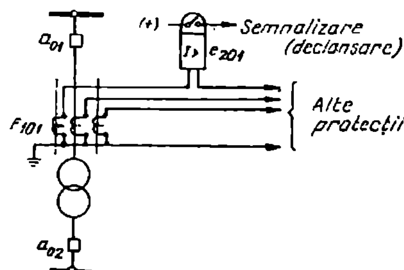


Fig. 4.6.9. Schema de principiu a protecţiei de suprasarcină a transformatoarelor.

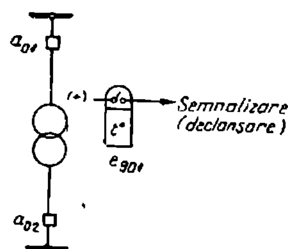


Fig. 4.6.10. Schema de principiu a protecţiei de supratemperatură a transformatoarelor.

La transformatoarele cu puteri mai mari sau egale cu 10 000 kVA se prevede de obicei o semnalizare de supratemperatură treapta I, eventual şi treapta II (fig. 4.6.10). În cazul transformatoarelor importante ea se poate prevedea şi pentru transformatoare cu puteri nominale mai mici.

În staţiile fără personal protecţia de supratemperatură poate comanda declanşarea printr-un releu cu temporizare la mare acţionare.

4.6.1.2. PROTECŢIA LINIILOR DIN REŢELE CU NEUTRUL IZOLAT SAU COMPENSAT (6—20 kV)

Liniile electrice aeriene sau în cablu din reţelele cu neutrul izolat sau compensat se protejează împotriva următoarelor tipuri de defecte :

— scurtcircuite între faze, cu sau fără pămînt ;
— duble puneri la pămînt pe faze diferite ;
— puneri la pămînt monofazate.

A. Protecţia liniilor radiale din reţele cu neutrul izolat sau compensat.

A.1. *Protecţii împotriva scurtcircuitelor între faze sau dublelor puneri la pămînt pe faze diferite.*

P r o t e c ț i a m a x i m a l ă t e m p o r i z a t ă. Este protecția de bază împotriva scurtcircuitelor între faze și dublei puneri la pămînt pe faze diferite (fig. 6.1.11).

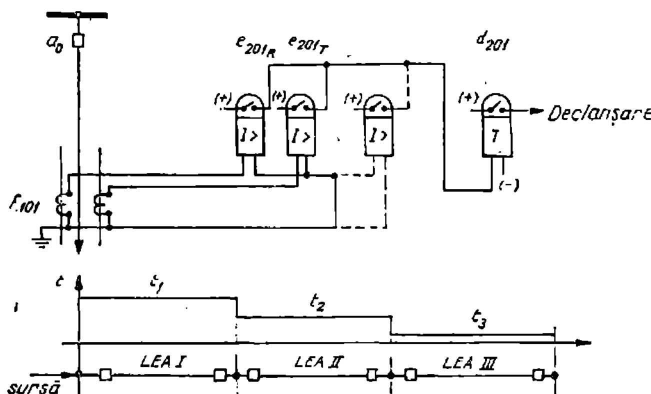


Fig. 4.6.11. Schema de principiu a protecției maximale temporizate într-o singură treaptă a liniilor electrice din rețele cu neutrul izolat sau compensat.

Ea comandă declanșarea întreruptorului liniei și se instalează la capătul dinspre sursă al acesteia. Protecția se realizează de obicei cu două relee și două transformatoare de curent, montate pe aceleași faze în întreaga rețea legată galvanic.

Dezavantajul acestui mod de conexiune față de schema cu trei transformatoare și trei relee de curent constă în sensibilitatea mai scăzută la scurtcircuite bifazate exterioare după transformatoare cu conexiunea stea-triunghi. Pentru a elimina acest neajuns, se poate utiliza schema cu două transformatoare de curent și trei relee, care se comportă ca și schema cu trei transformatoare și trei relee de curent.

În cazul mai multor linii radiale legate succesiv, temporizarea la acționare a protecției maximale de pe fiecare linie crește progresiv de la linia cea mai depărtată către sursă, pentru a avea asigurate condițiile de selectivitate.

P r o t e c ț i a m a x i m a l ă t e m p o r i z a t ă î n d o u ă t r e p t e. Acționează împotriva acelorași defecte ca și protecția maximală într-o singură treaptă (fig. 4.6.12).

Ea se utilizează în situația cînd :

— temporizarea declanșării perturbă consumatorii racordați pe liniile învecinate neavariate, datorită căderii de tensiune ce apare din momentul defectului și pînă la eliminarea lui ;

— temporizarea declanşării micşorează eficacitatea reanclanşării automate rapide (RAR) sau anclanşării automate a rezervei (AAR) pentru consumatorii proprii ai liniei ;

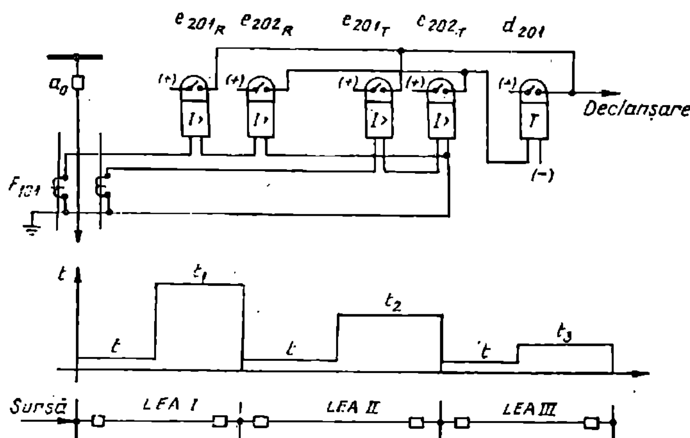


Fig. 4.6.12. Schema de principiu a protecţiei maximale temporizate în două trepte a liniilor electrice din reţelele cu neutrul izolat sau compensat.

— nu se pot obţine timpi de maximum 3 s la protecţiile de rezervă ale transformatoarelor din amonte, la care tensiunea superioară este egală sau mai mare de 110 kV.

În aceste situaţii, prima treaptă este o secţionare de curent (protecţie maximală netemporizată), iar a doua — o protecţie maximală temporizată. Din considerente de sensibilitate se admite în unele cazuri ca prima treaptă să fie şi ea temporizată, însă la un timp foarte scurt. În cazul mai multor linii succesive, temporizarea se alege în trepte, timpul crescînd către sursă.

Introducerea secţionării se răsfrînge pozitiv asupra reducerii timpului de declanşare în cazul unor defecte grave pe linie. Ea conduce la reducerea timpului de declanşare pe linia cea mai apropiată de sursă, dacă protecţia liniei pe care a avut loc defectul nu a lucrat în mod corespunzător.

P r o t e c ţ i a î m p o t r i v a d u b l e i p u n e r i l a p ă m î n t p e f a z e d i f e r i t e u t i l i z î n d f i l t r e d e c o m p o n e n t e s i m e t r i c e i n v e r s e. În situaţia cînd protecţia maximală de curent nu este suficient de sensibilă la duble puneri la pămînt pe faze

diferite, se utilizează, în completarea acestei protecţii, filtre de componentă simetrică inversă (fig. 4.6.13).

Funcţionarea acestor filtre se bazează pe faptul că la duble puneri la pămînt pe faze diferite apar curenţi de secvenţă inversă şi homo-

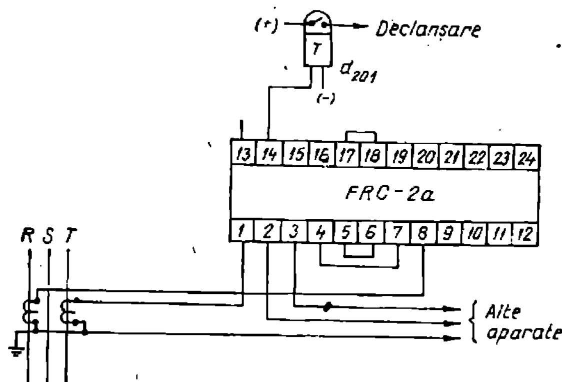


Fig. 4.6.13. Schema de principiu a protecţiei împotriva dublei puneri la pămînt pe faze diferite a liniilor electrice din reţelele electrice cu neutrul izolat sau compensat.

polară, care produc acţionarea elementului său sensibil, practic un releu de curent, montat la ieşirea filtrului.

Pentru protecţia liniilor, filtrul se instalează pe două faze. Din motive de selectivitate, comanda de declanşare este temporizată, cu o treaptă în plus faţă de protecţia maximală a liniei respective. Un astfel de filtru este releul FRC-2a produs de ICEMENERG.

A.2. *Protecţii împotriva punerilor la pămînt monofazate*

P r o t e c ţ i i n e s e l e c t i v e î m p o t r i v a p u n e r i l o r l a p ă m î n t m o n o f a z a t e. P r o t e c ţ i a d e t e n s i u n e h o m o p o l a r ă. Este o protecţie neselectivă care acţionează la semnalizare (fig. 4.6.14).

Ea se prevede de regulă pe toate secţiile şi sistemele de bare care pot funcţiona independent.

Se utilizează în principal în staţiile sau posturile de transformare în care consumatorii racordaţi la bare pot fi deconectaţi scurt timp, pentru a depista punerea la pămînt.

Faza pusă la pămînt se identifică urmărind indicațiile voltmetrelor din celula de măsurare. Pe fazele sănătoase tensiunea va fi crescută, putînd ajunge pînă la $\sqrt{3}U$ fază, cînd defectul este foarte apropiat, în timp ce pe faza pusă la pămînt tensiunea va fi scăzută, sau chiar zero, la un defect apropiat.

Protecția se realizează așa cum este indicat în fig. 4.6.14, cu un releu maximal de tensiune montat în secundarul în triunghi deschis al transformatoarelor de tensiune din celula de măsurare racordată la barele stației. Semnalizarea poate fi temporizată sau netemporizată.

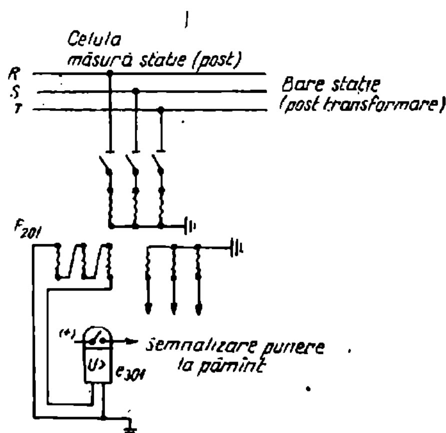


Fig. 4.6.14. Schema de principiu a protecției de tensiune homopolară a liniilor electrice din rețelele cu neutrul izolat sau compensat.

P r o t e c ț i i s e l e c t i v e î m p o t r i v a p u n e r i l o r l a p ă m î n t m o n o f a z a t e. Aceste protecții se prevăd în stațiile sau posturile de transformare construite pentru cel puțin trei linii și unde natura consumatorilor nu permite depistarea punerii la pămînt prin metoda deconectărilor succesive.

Aceste protecții pot acționa la semnalizare sau declanșare.

Acționarea la declanșare are loc:

— în instalațiile la care, din punct de vedere al protecției muncii, nu se admite funcționarea cu o punere la pămînt;

— în instalațiile la care durata de intervenție a personalului de exploatare, pentru izolarea defectului, depășește timpul de stabilitate termică a prizelor de pămînt.

Protecția maximală de curent homopolar.

Se realizează în cazul liniilor electrice aeriene cu ajutorul a trei transformatoare de curent, conectate în montaj Holmgreen (fig. 4.6.15, *a*), iar în cazul liniilor în cablu, cu ajutorul unui transformator de curent toroidal (fig. 4.6.15, *b*).

În cazul liniilor în cablu, pentru evitarea deconectărilor neselective datorită curenților de punere la pămînt vagabonzi care pot veni prin mantaua cablului, cutia terminală se pune la pămînt astfel încît conductorul de legare la pămînt să treacă prin interiorul transformatorului

de curent. Curenții vagabonzi trec astfel de două ori în sensuri contrare prin transformatorul de curent și efectul lor se anulează.

Protecția homopolară de curent ridică probleme în funcționare, datorită curentului mic care ia naștere la punerile la pămînt monofazate.

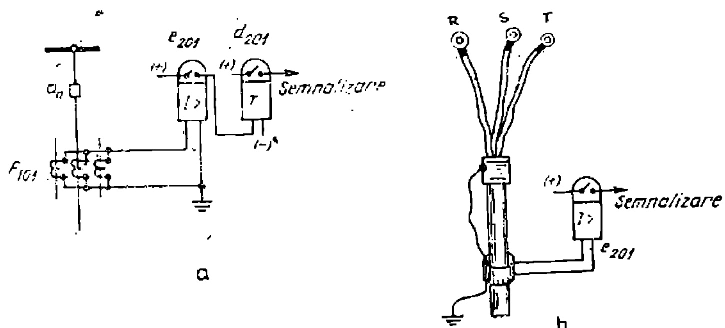


Fig. 4.6.15. Schema de principiu a protecției maximale de curent homopolar a liniilor electrice din rețelele cu neutrul izolat sau compensat.

De aceea, protecția nu dă rezultate în rețelele în care punerile la pămînt au fost compensate, sau curenții primari de defect nu depășesc anumite valori bine stabilite.

Ea acționează la semnalizarea sau declanșare, cu sau fără temporizare. În cazul mai multor linii succesive, temporizările se aleg în trepte, cel mai mare timp fiind la sursă.

Protecția pentru sesizarea selectivă a punerilor la pămînt folosind „Idicatorul pentru sesizarea selectivă a punerilor la pămînt ISP"

Dispozitivul ISP (fig. 4.6.16) lucrează la semnalizare și poate deservi maximum 18 linii.

Curenții homopolari se culeg pentru un aparat fie numai de la transformatoare de curent toroidale, fie numai de la filtre Holmgreen. În acest din urmă caz este necesar ca transformatoarele de curent să aibă la toate celulele de linie același raport de transformare, preferabil 100/5 A. Dacă această condiție nu poate fi îndeplinită, se montează transformatoare intermediare de egalizare sau mai multe dispozitive ISP.

Practic, dispozitivul funcționează astfel : curentul homopolar al fiecărei linii trece printr-o rezistență etalon, de pe care se culege o tensiune proporțională cu el. Armonicile a treia și a cincea sînt filtrate, redresate și aplicate unui aparat de măsurare. Cu ajutorul comutatorului *K* se măsoară conținutul în armonici superioare al curentului

homopolar de pe fiecare linie. Linia pentru care deviaţia acului aparatului pe acelaşi domeniu de măsurare este cea mai mare are o punere la pămînt.

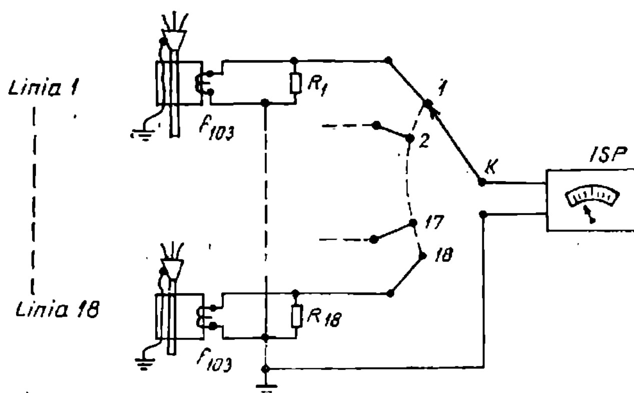


Fig. 4.6.16. Schema de principiu a dispozitivului ISP.

Protecţia selectivă împotriva punerilor la pămînt RPP (DPP).

Dispozitivul pentru protecţia selectivă împotriva punerilor la pămînt RPP (fig. 4.6.17) lucrează la semnalizare sau declanşare şi poate deservi maximum cinci linii. În cazul staţiilor cu mai mult de cinci linii se pot interconecta două sau mai multe asemenea dispozitive.

Pentru a selecta linia care are punere la pămînt, dispozitivul RPP dispune de filtre de armonici superioare, care — în caz de defect — sînt alimentate cu curentul homopolar al fiecărei linii de la transformatoare de curent toroidale sau filtre Holmgreen în aceleaşi condiţii ca mai sus.

Tensiunea operativă de lucru este de 100 V c.a. şi este obţinută de la celula de măsurare a barelor la care sînt conectate liniile deservite de RPP, numai în cazul apariţiei unei puneri la pămînt.

B. Protecţia liniilor cu alimentare bilaterală din reţelele cu neutrul izolat sau compensat.

B.1. *Protecţia împotriva scurtcircuitelor între faze sau dublei puneri la pămînt pe faze diferite.* La liniile cu alimentare bilaterală, protecţia împotriva scurtcircuitelor între faze sau dublei puneri la pămînt pe faze diferite se poate realiza în acelaşi mod ca la liniile radiale.

În situaţii deosebite cînd se cer condiţii superioare din punct de vedere al selectivităţii se pot folosi pe aceste linii:

P r o t e c ţ i a m a x i m a l ă d i r e c ţ i o n a l ă (fig. 4.6.18). Poate fi realizată în una sau două trepte ca şi protecţia nedirecţională.

Fig. 4.6.17. Schema de principiu a dispozitivului RPP.

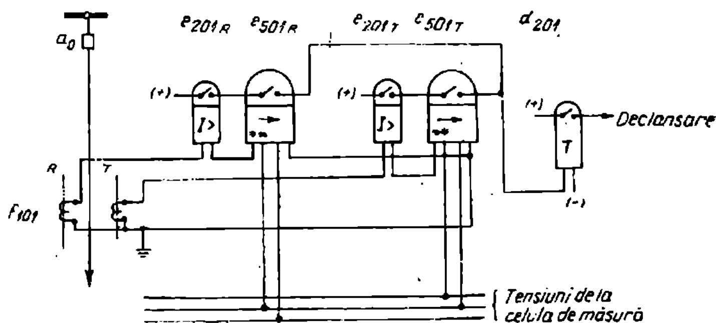
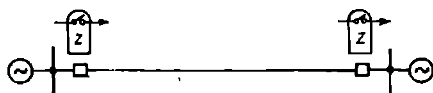


Fig. 4.6.18. Schema de principiu a protecției maximale direcționale a liniilor cu alimentare bilaterală din rețelele cu neutrul izolat sau compensat.

În cazul folosirii direcționării se utilizează schema cu două transformatoare, două relee de curent și două relee direcționale. Dacă nu se asigură o sensibilitate suficientă la defecte bifazate după transformatoare cu conexiunea stea-triunghi, se poate utiliza varianta cu două transformatoare, trei relee de curent și trei relee direcționale. Releele direcționale se alimentează cu tensiunile furnizate de celula de măsurare aparținînd barei la care este racordată linia, după schema de 90° (curentul de pe o fază, și tensiunile de pe celelalte două).

P r o t e c ț i a   d e   d i s t a n ț ă (fig. 4.6.19). Este folosită în situații cu totul deosebite, cînd configurația rețelei sau natura specială a consumatorilor o impune. Ea este de asemenea recomandată la liniile cu tensiunea de 20 kV și mai mult, care fac parte din rețelele buclate și la care protecția maximală ar trebui realizată în două trepte cu blocaj direcțional.

Fig. 4.6.19. Schema de principiu a protecției de distanță a liniilor cu alimentare bilaterală din rețelele cu neutrul izolat sau compensat.



Liniile de medie tensiune echipate cu protecție de distanță nu vor mai fi prevăzute și cu protecții de rezervă.

B.2. *Protecția împotriva punerilor la pămînt monofazate.* La liniile cu alimentare bilaterală, protecția împotriva punerilor la pămînt monofazate se poate realiza utilizînd protecții maximale de curent homopolare, dispozitive ISP sau RPP. În cazuri speciale, cînd se cer

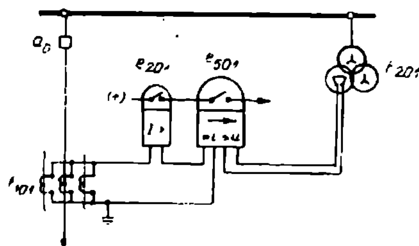


Fig. 4.6.20. Schema de principiu a protecției maximale de curent homopolar direcționale a liniilor cu alimentare bilaterală din rețelele cu neutrul izolat sau compensat.

condiții superioare din punct de vedere al selectivității, se poate folosi protecția maximală homopolară direcțională (fig. 4.6.20).

Protecția maximală de curent homopolar utilizează relee direcționale varmetrice. Releul direcțional trebuie astfel montat încît „să vadă" numai defectele spre linie.

Înfășurarea de curent a releului se alimentează, în cazul liniilor electrice aeriene, de la trei transformatoare de curent în montaj Holmgreen, iar în cazul liniilor electrice în cablu, de la transformatoare de curent toroidale.

Înfășurarea de tensiune a releului se alimentează de la înfășurările secundare ale transformatoarelor de tensiune din celula de măsurare, conectate în triunghi deschis.

4.6.1.3. PROTECȚIA LINIILOR DIN REȚELE CU NEUTRUL LEGAT DIRECT LA PĂMÎNT SAU PRIN REZISTENȚĂ (110–400 kV)

Liniile de înaltă tensiune din rețelele cu neutrul legat la pămînt se prevăd împotriva scurtcircuitelor între faze sau pe faze, cu protecții de bază și de rezervă.

A. Protecția liniilor radiale din rețelele cu neutrul legat la pămînt

A.1. *Protecția maximală de curent în două trepte* (fig. 4.6.21). Este protecția de bază a liniilor radiale și este folosită împotriva scurtcircuitelor între faze. Prima treaptă a protecției se desensibilizează față

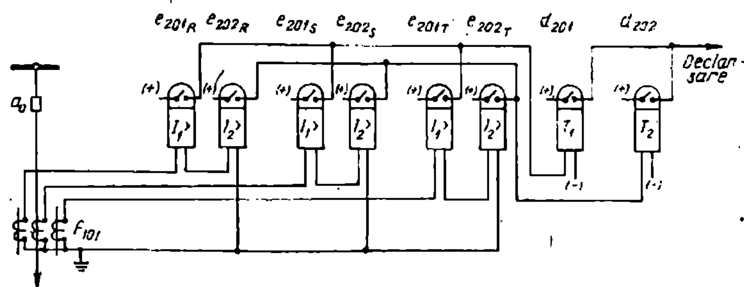


Fig. 4.6.21. Schema de principiu a protecției maximale de curent în două trepte a liniilor radiale din rețelele cu neutrul legat la pămînt.

de curentul de scurtcircuit de pe bara de medie tensiune a stației alimentate și se reglează la timpul cel mai scurt permis de condițiile de selectivitate.

Pentru realizarea protecției se utilizează trei transformatoare de curent, cu secundarele conectate în stea.

A.2. *Protecția maximală homopolară* (fig. 4.6.22). Este protecția de rezervă a liniilor radiale de înaltă tensiune din rețelele cu neutrul legat la pămînt. Această protecție poate fi prevăzută cu blocaj direcțional, dacă aportul de curent homopolar al transformatoarelor din aval poate atinge valorile de declanșare ale protecției la defecte monofazate în amonte.

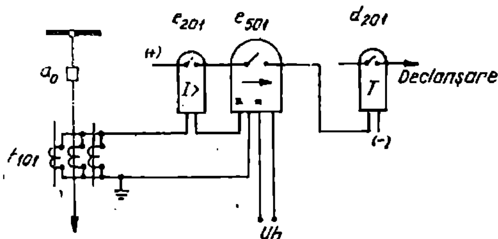


Fig. 4.6.22. Schema de principiu a protecției maximale de curent homopolar a liniilor radiale din rețelele cu neutrul legat la pămînt.

Protecția trebuie astfel reglată încît să protejeze atît întreaga linie, cît și înfășurările transformatoarelor care au neutrul legat la pămînt și sînt legate la aceeași bară.

Ea are avantajul că poate fi reglată la o valoare independentă de curentul de sarcină și are o temporizare mai mică în general decît protecția maximală de pe aceeași linie.

A.3. *Protecții de distanță* (fig. 4.6.23). Pot fi folosite ca protecții de bază în cazul liniilor radiale, în cazul în care treapta întîi a protecției maximale ar conduce la timpi prea lungi la protecțiile de rezervă din amonte. Prima treaptă a protecției de distanță se desensibilizează față de bara stației alimentare.



Fig. 4.6.23. Schema de principiu a protecției de distanță a liniilor radiale din rețelele cu neutrul legat la pămînt.

B. Protecția liniilor interconectate din rețelele cu neutrul legat la pămînt

B.1. *Protecția liniilor de 110—220 kV*. Protecția de bază a liniilor interconectate de 110—220 kV împotriva defectelor polifazate și monofazate este protecția de distanță. Protecția de rezervă este asigurată de o protecție maximală de curent homopolar direcționată, în una sau două trepte.

B.2. *Protecția liniilor de 400 kV.* Protecția de bază a liniilor interconectate de 400 kV împotriva tuturor tipurilor de defecte este asigurată de două protecții de distanță, recomandabil, de tipuri diferite. Protecția de rezervă este asigurată, ca și mai înainte, dintr-o protecție maximală homopolară direcționată, în una sau două trepte.

La liniile de 400 kV, la care pot apare creșteri de tensiune periculoase pentru echipamentele montate în stații ca urmare a deconectării pe scurtcircuit a liniilor respective, se prevede o protecție de tensiune maximă.

La liniile interconectate de 110—400 kV scurte, la care prima treaptă a protecției de distanță nu poate fi reglată corespunzător, protecția de bază poate fi asigurată de o protecție diferențială longitudinală (fig. 4.6.24), urmînd ca protecția de rezervă să fie protecția de distanță.

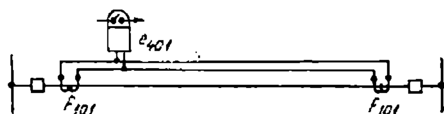


Fig. 4.6.24. Schema de principiu a protecției diferențiale longitudinale a liniilor interconectate din rețelele cu neutrul legat la pămînt.

B.3. *Protecția liniilor dublu circuit de 110—220 kV.* La liniile dublu circuit de 110—220 kV se utilizează, în completarea protecției de distanță și a celei homopolare direcționate, o protecție diferențială transversală direcționată (fig. 4.6.25). Ea este folosită pentru a evita declanșările false ale liniei neavariate ca ur-

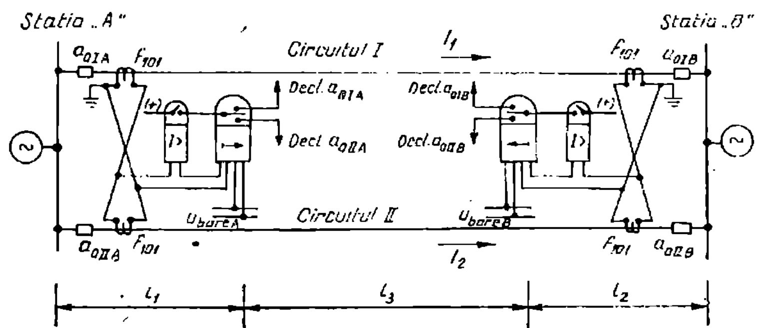


Fig. 4.6.25. Schema de principiu a protecției diferențiale transversale direcționate de curent a liniilor dublu circuit din rețelele cu neutrul legat la pămînt.

mare a circulațiilor de curenți care iau naștere pe unul din circuite, în momentul defectului pe celălalt circuit. După cum se observă în fig. 4.6.26, în momentul unui scurtcircuit pe circuitul *I*, poate apare pe

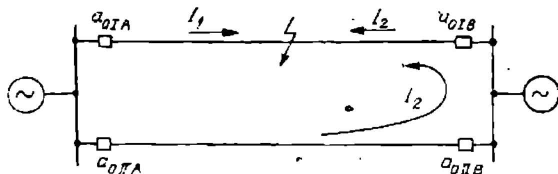


Fig. 4.6.26. Posibilități de funcționare eronată a protecțiilor unui circuit în situația unui defect pe celălalt circuit, în cazul liniilor dublu cricuit.

circuitul *II*, datorită aportului la scurtcircuit, un curent suficient de mare, care să conducă la declanșarea falsă a întreruptorului a_{0IIA} sau a_{0IIB}, în afara întreruptoarelor a_{0IA} și a_{0IB} care trebuiau să declanșeze.

Așa cum se observă în fig. 4.6.25, pentru fiecare din protecțiile instalate la unul din capete se definesc trei zone de lucru ale protecției diferențiale transversale, în funcție de locul defectului pe linie. Pentru protecția din stația *A*, aceste zone sînt :

— Zona moartă l_1, în care protecția din stația *A* nu acționează la un scurtcircuit trifazat în apropierea stației *A*, ca urmare a lipsei tensiunii pentru releele direcționale ;

— Zona de acționare în cascadă l_2. Această zonă este situată în apropierea stației *B*. În cazul unui defect în această zonă, ca urmare a egalității celor doi curenți I_1 și I_2 de pe cele două linii, protecția din *A* nu acționează (releul de curent este conectat în montaj diferențial). După ce declanșează întreruptorul din stația *B* al liniei defecte, datorită inegalității create între curenții I_1 și I_2, protecția din stația *A* deconectează întreruptorul liniei defecte, cealaltă linie rămînînd în funcțiune.

— Zona de lucru l_3, în care întreruptoarele din stațiile *A* și *B* declanșează simultan de la ambele capete linia defectă.

Pentru mărirea gradului de siguranță al acestei protecții se folosesc montaje speciale pentru blocarea protecției diferențiale transversale la deconectarea uneia din linii voit sau prin protecție. Pentru situația cînd linia funcționează cu un singur circuit, ea este echipată cu instalații de protecție prin relee ca orice linie simplu circuit obișnuită.

4.6.1.4. PROTECȚIA BLOCURILOR LINIE-TRANSFORMATOR

Utilizarea sistemului bloc linie-transformator are avantajul simplificării schemelor de comutație primară a stațiilor, micșorînd costul instalațiilor, permițînd totodată o exploatare mai simplă.

În cazul în care schema bloc linie-transformator este prevăzută cu întreruptor pe înfăşurarea transformatorului legată la linie, protecţia liniei şi a transformatorului se realizează conform principiilor expuse anterior.

În situaţia în care nu este prevăzut întreruptor pe înfăşurarea transformatorului legată la linie (fig. 4.6.27), protecţia se realizează astfel:

— Pentru transformatoarele coborîtoare cu tensiunea superioară lui 20 kV, se instalează siguranţe pe această înfăşurare.

— Pentru transformatoarele de puteri mai mari se poate monta un separator de sarcină pe bornele de înaltă tensiune ale transformatorului, acţionat de protecţia acestuia. La un defect în transformator, protecţia acestuia comandă închiderea separatorului între faze pentru transformatoarele din reţelele cu neutrul izolat sau compensat, sau între o fază şi pămînt pentru transformatoarele cu neutrul legat la pămînt. Protecţia liniei va sesiza un scurtcircuit şi va declanşa întreruptorul blocului linie-transformator.

Pentru transformatoarele de putere mare se poate folosi şi o altă soluţie, constînd în folosirea dispozitivelor de transmitere a impulsurilor

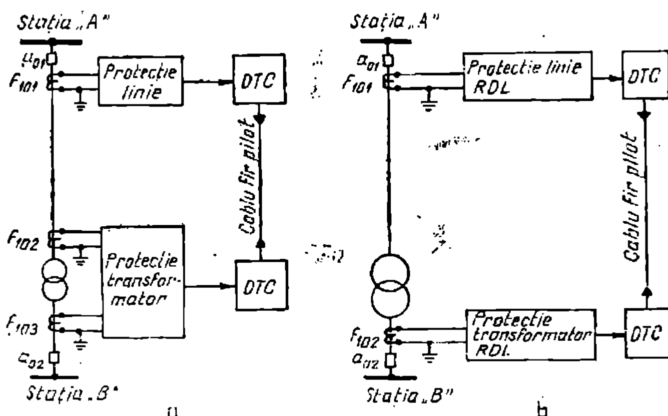


Fig. 4.6.27. Schema de principiu a protecţiei blocurilor linie-transformator.

de declanşare de la protecţia prin relee a transformatorului la întreruptorul liniei. În acest caz, pot apare două situaţii:

— Transformatorul de putere este echipat pe ambele înfăşurări cu transformatoare de curent (fig. 4.6.27, *a*). În acest caz, atît linia cît şi transformatorul au protecţii conform celor arătate mai înainte. Pentru

transmiterea impulsurilor de declanșare dintr-un capăt în altul se pot utiliza dispozitive de telecomandă tip DTC (ICEMENERG) sau similare. Aceasta implică utilizarea unui cablu fir pilot. Protecția transformatorului va comanda deci declanșarea ambelor întreruptoare a_{01} și a_{02}.

— Transformatorul de putere nu este echipat cu transformatoare de curent decît pe partea de joasă tensiune (fig. 4.6.27, *b*). În acest caz se poate folosi o protecție diferențială longitudinală comună pentru linie și transformator. Această protecție trebuie să fie prevăzută la capătul dinspre sursă al liniei cu un releu suplimentar care să blocheze funcționarea protecției diferențiale longitudinale la apariția curentului de magnetizare al transformatorului. La noi în țară se folosește protecția diferențială longitudinală tip RDL (ICEMENERG), sau alte tipuri similare.

4.6.1.5. PROTECȚIA CUPLELOR

A. **Protecția cuplelor transversale.** Se realizează astfel:

A.1. Cuplele transversale din stațiile de medie tensiune sînt echipate de regulă cu o protecție maximală de curent temporizată, cu o singură treaptă.

A.2. Cuplele transversale din stațiile de 110—400 kV dotate cu bară de transfer se echipează cu o protecție de distanță cu posibilitatea anulării elementului direcțional și cu o protecție maximală direcționată de curent homopolar.

A.3. Cuplele transversale din stațiile de 110—400 kV care nu au bară de transfer sînt dotate cu protecții care să permită înlocuirea protecțiilor altor elemente racordate la bare, în situația cînd se înlocuiește întreruptorul acestor elemente prin întreruptorul cuplei transversale.

B. **Protecția cuplelor longitudinale.** Protecția cuplelor longitudinale se realizează ca la cuplele transversale punctele (A.1) și (A.2).

C. **Protecția cuplelor de transfer.** Protecția cuplelor de transfer se realizează în funcție de modul de amplasare a transformatoarelor de curent din celulele racordate la bare, astfel:

— În stațiile la care transformatoarele de curent sînt amplasate în interiorul celulelor, cupla de transfer este echipată ca oricare din celulele de linie, putînd prelua pe protecție proprie oricare din aceste celule.

— În stațiile la care transformatoarele de curent sînt amplasate în exteriorul celulelor, cuplele de transfer au numai o protecție maximală de curent, folosită la încercarea barelor. Protecția diverselor celule care funcționează pe cupla de transfer este asigurată de protecția proprie celulelor respective, declanșarea fiind transmisă însă întreruptorului cuplei de transfer.

4.6.1.6. PROTECȚIA MOTOARELOR SINCRONE ȘI ASINCRONE

Motoarele electrice cu tensiunea peste 1 kV trebuie prevăzute cu protecții prin relee împotriva următoarelor defecte sau regimuri anormale de funcționare :

— scurtcircuite polifazate în înfășurările statorului ;
— puneri la pămînt în înfășurările statorului ;
— suprasarcini ;
— scăderea tensiunii de alimentare sub limitele admisibile ;
— funcționarea în regim asincron a motoarelor sincrone ;
— întreruperea ungerii sau ventilației forțate.

A. **Protecția împotriva scurtcircuitelor polifazate în înfășurările statorului.** Împotriva scurtcircuitelor polifazate în înfășurările statorului se folosesc de regulă două tipuri de protecții :

A.1. *Protecția maximală netemporizată de curent* (fig. 4.6.28), utilizată în general la motoare cu puteri mai mici de 4 000 kW. Această protecție se instalează, de regulă, pe două faze utilizînd două relee maximale de curent (fig. 4.6.28, *a*). În cazul unor motoare cu puteri mai mici de 2 000 kW se poate folosi schema cu un releu de curent și secundarele celor două transformatoare de curent montate în opoziție (fig. 4.6.28, *b*).

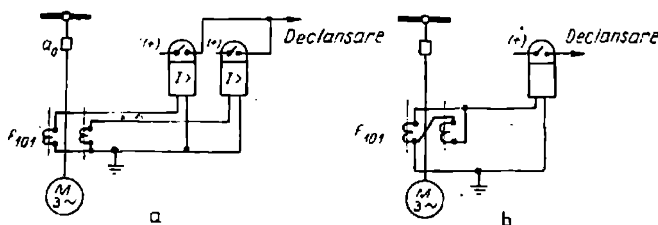


Fig. 4.6.28. Schema de principiu a protecției maximale netemporizate de curent a motoarelor electrice.

A.2. *Protecția diferențială longitudinală* (fig. 4.6.29) utilizată în general la motoare cu puteri mai mari sau egale cu 4 000 kW. Această protecție se instalează de regulă pe două faze (*R* și *T*). La motoarele de puteri mari care nu posedă o protecție rapidă împotriva punerilor la pămînt, ea se instalează pe trei faze. Poate fi folosită și la motoarele cu puterea mai mică de 4 000 kW, dacă protecția maximală netemporizată a acestor motoare nu este suficient de sensibilă.

În cazul motoarelor sincrone, pe lîngă deconectarea întreruptorului de înaltă tensiune al motorului, protecţia trebuie să comande şi declanşarea dispozitivului de dezexcitare rapidă al acestuia.

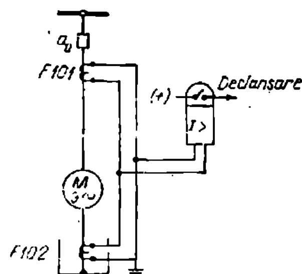


Fig. 4.6.29. Schema de principiu a protecţiei diferenţiale longitudinale a motoarelor electrice.

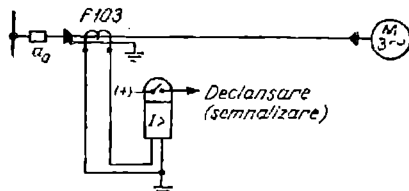


Fig. 4.6.30. Schema de principiu a protecţiei împotriva punerilor la pămînt în înfăşurările statoarelor motoarelor electrice.

B. **Protecţia împotriva punerilor la pămînt în înfăşurarea statorului.** Această protecţie, se instalează, de regulă, la motoare cu puterea mai mare sau egală cu 4 000 kW, dacă curentul de punere la pămînt este 5 A (fig. 4.6.30). Ea comandă declanşarea întreruptorului de alimentare.

Protecţia se poate instala şi la motoare cu puteri mai mici de 4 000 kW, în cazuri bine justificate şi dacă curentul de punere la pămînt depăşeşte 5 A. În această situaţie, protecţia lucrează de regulă la semnalizare.

C. **Protecţia împotriva suprasarcinilor.** Se montează în situaţia cînd, datorită condiţiilor de funcţionare, pot apare suprasarcini periculoase. Ea se realizează de regulă cu relee de curent, montate ca în fig. 4.6.28. În funcţie de necesităţi, poate acţiona la declanşare sau semnalizare.

D. **Protecţia împotriva scăderii tensiunii de alimentare sub limitele admisibile.** Se instalează (fig. 4.6.31) pentru deconectarea motoarelor de mai mică importanţă în scopul uşurării condiţiilor de restabilire a tensiunii după eliminarea scurtcircuitelor, ca şi pentru a deconecta acele motoare a căror autopornire nu este permisă din punct de vedere tehnologic sau al securităţii muncii.

Pentru a se evita deconectări greşite la arderea unei siguranţe pe circuitele de măsurare, contactele releelor de tensiune care sesizează scăderea tensiunii pe bare se leagă în serie. De asemenea plusul de de-

clanşare este trecut printr-un contact auxiliar al separatorului de bare al celulei de măsurare, deoarece la deschiderea lui, releele *1* (de tensiune) ar sesiza scăderea tensiunii şi ar comanda declanşarea.

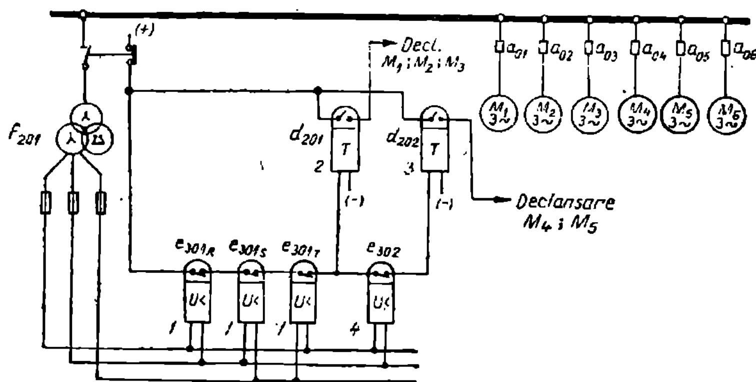


Fig. 4.6.31. Schema de principiu a protecţiei împotriva scăderii tensiunii de alimentare sub limitele admisibile a motoarelor electrice.

În cazul scăderii tensiunii de alimentare de pe bare, releul de timp *2* comandă temporizat declanşarea primei tranşe (motoarele M_1, M_2, M_3), iar dacă tensiunea nu se restabileşte este comandată tranşa a doua (motoarele M_4 şi M_5), rămînînd în funcţiune numai motorul M_6.

Prima tranşe comandă, de regulă, declanşarea motoarelor de mai mică importanţă, la scăderea tensiunii sub 70% din tensiunea nominală a motoarelor, cu o temporizare de aproximativ 0,5 s.

A doua tranşe comandă declanşarea altor motoare la scăderea tensiunii sub 50% din tensiunea nominală a motoarelor, cu o temporizare cuprinsă între 5 şi 10 s.

E. **Protecţia împotriva funcţionării în regim asincron a motoarelor sincrone.** Ieşirea din sincronism a motoarelor sincrone este generată, de regulă, de întreruperea unei faze a reţelei sau de scăderea tensiunii pe barele de alimentare. Împotriva acestui regim se utilizează :

E.1. O protecţie maximală instalată în circuitul de excitaţie care lucrează la apariţia unei componente alternative a curentului de excitaţie (fig. 4.6.32).

E.2. O protecţie sensibilă la schimbarea unghiului de defazaj dintre curentul şi tensiunea statorică.

E.3. O protecţie de suprasarcină.

În toate cazurile în care nu este prevăzută posibilitatea resincronizării, protecţia comandă declanşarea motorului.

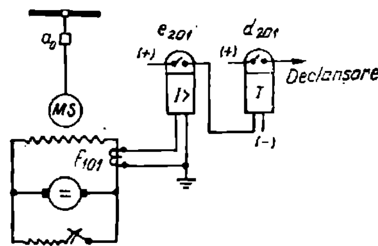


Fig. 4.6.32. Schema de principiu a protecţiei împotriva funcţionării în regim asincron a motoarelor sincrone.

F. Protecţia împotriva întreruperii ungerii sau ventilaţiei forţate. La motoarele din instalaţiile fără personal de supraveghere şi care au ungere forţată, protecţiile împotriva întreruperii ungerii sau ventilaţiei forţate comandă, de regulă, declanşarea întreruptorului motorului.

4.6.1.7. PROTECŢIA BARELOR COLECTOARE

Protecţia barelor poate fi asigurată prin:

— protecţiile elementelor racordate la bare;

— protecţii specifice ale barelor colectoare.

A. Protecţia barelor colectoare prin protecţia elementelor racordate la bare. Se foloseşte la staţiile cu o configuraţie redusă sau de mai mică importanţă, dacă protecţiile elementelor racordate la bare asigură condiţiile de selectivitate şi rapiditate impuse de aparatajul staţiei şi de sistemul energetic.

În cazul staţiilor de înaltă tensiune, protecţia barelor colectoare este asigurată de protecţiile de distanţă sau maximale ale liniilor de alimentare ale staţiilor respective. În cazul staţiilor de medie tensiune, protecţia barelor colectoare este asigurată de protecţia maximală a transformatoarelor coborîtoare din staţie.

B. Protecţia barelor colectoare prin protecţii specifice acestora.

B.1. *Protecţia de distanţă sau maximală de curent a cuplelor longitudinale.* Protecţiile de distanţă sau protecţiile maximale de curent instalate pe cuplele longitudinale din staţiile cu un singur sistem de bare

pot asigura protecţia barelor colectoare în cazul unui defect pe una din secţii, prin declanşarea cuplei longitudinale. Prin declanşarea cuplei, se izolează bara defectă limitîndu-se defectul (fig. 4.6.33).

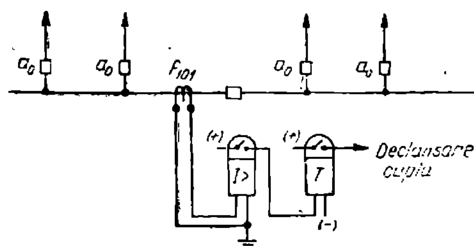


Fig. 4.6.33. Schema de principiu a protecţiei barelor colectoare folosind protecţia de distanţă sau maximală a cuplelor longitudinale.

B.2. *Protecţia diferenţială a barelor colectoare.* Poate fi realizată :

— în varianta completă, în situaţia în care protecţia barelor colectoare include toate circuitele primare racordate la barele staţiei ;

— în varianta incompletă, în situaţia în care protecţia barelor colectoare include numai circuitele prin care barele sînt, sau ar putea fi, alimentate în caz de defect.

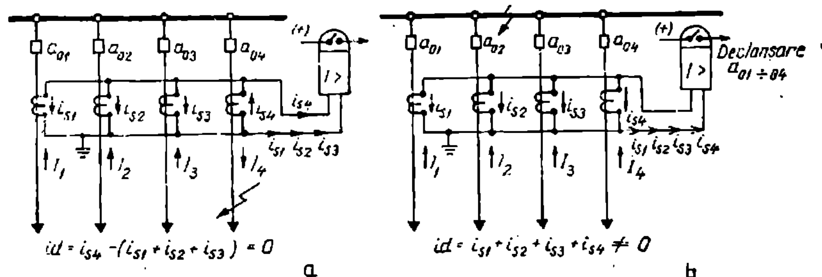


Fig. 4.6.34. Schema de principiu a protecţiei diferenţiale a barelor colectoare.

Schema de principiu a protecţiei diferenţiale a barelor colectoare este prezentată în fig. 4.6.34. Circuitul diferenţial este astfel realizat încît, în cazul unui scurtcircuit exterior zonei protejate (adică pe una din linii), curentul prin releul diferenţial este teoretic zero (fig. 4.6.34, *a*) şi protecţia diferenţială de bare nu va acţiona.

În cazul unui scurtcircuit în interiorul zonei protejate (pe barele colectoare), curentul prin releul diferenţial (fig. 4.6.34, *b*) va fi egal cu

suma curenților secundari ai liniilor cu aport la scurtcircuit. Protecția va acționa în acest caz comandînd declanșarea tuturor întreruptoarelor racordate la bare prin care se alimentează defectul.

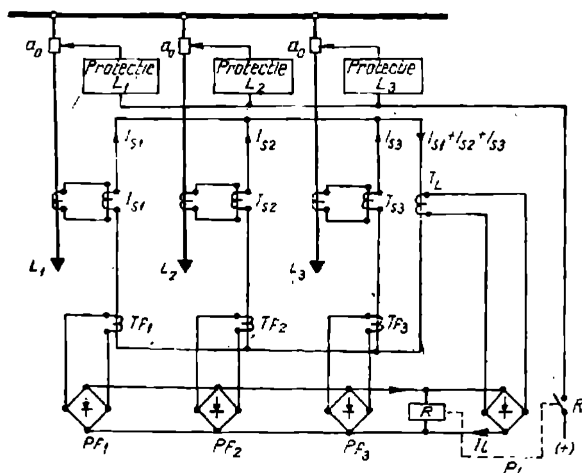


Fig. 4.6.35. Schema de principiu a protecției diferențiale cu acțiune de frînare a barelor colectoare.

În practică, datorită neidentității transformatoarelor de curent, poate apare în circuitul diferențial, în regim normal de funcționare, un curent de dezechilibru cu valori apropiate de cele de declanșare. Pentru a elimina acest neajuns, se pot folosi transformatoare de egalizare, transformatoare cu saturație rapidă, sau relee diferențiale cu acțiune de frînare.

În fig. 4.6.35 este reprezentată schema de principiu a protecției diferențiale cu acțiune de frînare.

Releul diferențial propriu-zis este releul R de curent continuu. T_{s1}, T_{s2}, T_{s3} sînt transformatoare sumatoare care transformă sistemul trifazat de curenți al celulelor racordate la bare într-un curent monofazat. T_{f1}, T_{f2}, T_{f3} sînt transformatoare de frînare, iar T_L este transformator de lucru. Aceste transformatoare reduc curenții I_{s1}, I_{s2}, I_{s3} la valori aplicabile punților redresoare de frînare P_f și de lucru P_L. Curentul de lucru I_L este dat de valoarea redresată a sumei vectoriale a curenților I_{s1}, I_{s2}, I_{s3}. Curentul de frînare I_f este dat de suma modulelor acelorași curenți redresați.

Releul diferențial R acționează numai la defecte în zonă (pe barele colectoare), situație în care este îndeplinită condiția $I_L > I_f$.

Pentru a se evita declanșări intempestive la apariția unui defect în circuitul diferențial, impulsul de declanșare dat de protecția diferențială ajunge la întreruptorul celulei numai după ce a verificat că protecția acesteia a demarat, semn că există un defect pe bare sau pe circuitul primar respectiv.

Schema prezentată poate fi utilizată și pentru un sistem dublu de bare. În acest caz, pe fiecare sistem se instalează cîte un releu diferențial împreună cu circuitele aferente prezentate și pentru fiecare celulă în parte, niște relee intermediare de selecție a barei I sau II în funcție de poziția separatoarelor de bare.

4.6.2. CIRCUITE PENTRU AUTOMATIZARE FOLOSITE ÎN STAȚII ȘI POSTURI DE TRANSFORMARE

4.6.2.1. REANCLANȘAREA AUTOMATĂ RAPIDĂ (RAR)

Reanclanșarea automată rapidă a liniilor este o operație complexă care constă în reanclanșarea automată a întreruptorului liniei declanșate prin protecție. Reanclanșarea are loc după un anumit timp de la declanșare, timp care — de regulă — nu trebuie să depășească cu mult intervalul necesar pentru a se asigura, prin întreruperea tensiunii, stingerea arcului electric produs la locul defectului. Acest timp poartă numele de pauză de RAR.

La liniile funcționînd în rețelele cu neutrul izolat sau compensat (6—20 kV), la care declanșarea întreruptoarelor se face de regulă trifazat, reanclanșarea automată se face trifazat RAR-T.

În cazul liniilor funcționînd în rețelele cu neutrul legat la pămînt (110—400 kV), la care protecția poate selecta și comanda declanșarea fazei defecte, se aplică de la caz la caz RAR-T, sau reanclanșarea automată monofazată, RAR-M.

În rețelele cu neutrul izolat sau compensat, dispozitivele RAR-T se instalează astfel :

a) La liniile radiale, RAR-T cu dublu ciclu, la capătul dinspre sursă al liniei.

b) La liniile cu surse la ambele capete, care funcționează în paralel cu alte linii prin care se poate menține sincronismul între cele două capete, RAR-T cu un singur ciclu, cu controlul lipsei de tensiune sau al sincronismului.

c) La liniile cu surse la ambele capete la care nu există alte legături pentru păstrarea sincronismului în timpul pauzei de RAR, nu se instalează de regulă RAR-T.

În rețelele cu neutrul legat direct la pămînt (110—400 kV) dispozitivele de RAR se instalează astfel :

a) La liniile de 110—400 kV cu alimentare radială se folosește RAR-T cu un singur ciclu.

b) La liniile de 110 kV cu surse la ambele capete care funcționează în paralel cu alte linii prin care se poate menține sincronismul, se prevăd RAR-T cu un singur ciclu, cu controlul lipsei tensiunii sau al sincronismului.

c) Pe liniile de 110 kV se admite instalarea RAR-M numai în cazuri cu totul speciale.

d) Pe liniile de 220—400 kV cu surse la ambele capete și făcînd parte din rețele buclate, se instalează dispozitive mixte RAR-T și RAR-M.

e) La liniile de 220—400 kV care nu funcționează în paralel cu alte linii se instalează numai RAR-M.

Pentru a fi eficiente, instalațiile de RAR trebuie să îndeplinească următoarele condiții :

— Reanclanșarea trebuie să se producă numai la declanșarea întreruptorului prin protecție ;

— Comanda de anclanșare dată prin RAR trebuie să aibă o durată suficientă pentru a asigura anclanșarea întreruptorului.

— În cazul extinderii defectului sau apariției unui nou defect în pauza de RAR, dispozitivul trebuie să comande declanșarea trifazată definitivă.

— După efectuarea unui ciclu simplu sau dublu de RAR, instalația de RAR trebuie să revină automat la starea inițială după o perioadă de timp în care nu se mai poate produce nici o reanclanșare. Această perioadă se numește perioadă de blocaj.

— În cazul cînd după efectuarea unui ciclu de RAR defectul persistă, instalația trebuie să comande o declanșare trifazată definitivă, sau — de la caz la caz — un al doilea ciclu.

— Instalația de RAR nu trebuie să comande reanclanșarea întreruptorului la declanșarea voită a acestuia, sau cînd declanșarea prin protecție urmează imediat după o comandă de anclanșare manuală.

— Instalația de RAR nu trebuie să permită reanclanșarea cînd declanșarea este provocată de anumite protecții sau automatizări (protecția diferențială de bare, DRRI etc.).

4.6.2.2. DECLANȘAREA DE REZERVĂ LA REFUZ DE ÎNTRERUPTOR (DRRI)

În practica exploatării s-a observat că există situații cînd, în cazul unei avarii, întreruptorul elementului avariat refuză să lucreze datorită unor defecte mecanice, electrice sau de altă natură, deși circuitele dă

protecție au funcționat corect și au transmis impulsul de declanșare la întreruptor.

Pentru a preîntîmpina avariile grave care ar putea avea loc în acest caz, s-au introdus circuitele de declanșare de rezervă la refuz de întreruptor DRRI. Circuitele de DRRI se prevăd de regulă la stațiile de 110—400 kV. Aceste circuite pot fi instalate și în cazul barelor de 6—20 kV din stații, în cazul în care protecția maximală a transformatoarelor coborîtoare nu este sensibilă la scurtcircuitele produse pe liniile de 6—20 kV.

La stațiile cu cel puțin două sisteme sau secții de bare, instalația de DRRI va fi pornită de la protecțiile elementelor conectate la barele colectoare și va comanda :

— deconectarea cuplei, în cazul stațiilor cu tensiuni mai mici de 110 kV ;

— declanșarea cuplei sau deconectarea tuturor elementelor racordate la aceeași secție sau sistem de bare cu întreruptorul care a refuzat să declanșeze, în cazul stațiilor de 110—400 kV.

Comanda de declanșare primită de la DRRI va acționa numai asupra întreruptoarelor ale căror instalații de protecții au demarat, sesizînd defectul. Excepție de la regula de mai sus fac cuplele transversale și longitudinale, a căror declanșare se face fără controlul demarajului protecțiilor proprii.

4.6.2.3. ANCLANȘAREA AUTOMATĂ A REZERVEI (AAR)

Prin anclanșarea automată a rezervei se înțeleg dispozitivele care, în cazul deconectării din orice cauză a alimentării normale, conectează automat alimentarea de rezervă. Rezultă că dispozitivele AAR se instalează în toate stațiile și posturile de transformare în care pentru alimentarea consumatorilor există o cale de alimentare normală și una de rezervă.

Pornirea schemei de AAR se face în momentul dispariției tensiunii pe bara supravegheată, astfel :

— temporizat, la scăderea tensiunii pe bara alimentată sub $0{,}25U_{nom}$, timpul de acționare alegîndu-se cu o treaptă peste temporizarea protecțiilor liniilor alimentate de bara supravegheată de AAR ;

— rapid, la declanșarea intempestivă sau prin protecție a căii de alimentare normală.

Schema de AAR trebuie să permită acționarea întreruptoarelor de rezervă numai dacă a fost deconectată în prealabil calea alimentării normale și dacă tensiunea pe calea de rezervă are valoarea minimă de funcționare admisă.

AAR-ul trebuie să-și blocheze funcționarea în următoarele situații:

— ca urmare a arderii unei siguranțe în circuitele secundare ale transformatoarelor de tensiune care alimentează releele de minimă tensiune pentru pornire;

— existența unui defect pe bara supravegheată prin AAR, sau cînd această bară alimentează un defect neeliminat pe unul din elementele conectate la barele respective; această prevedere nu se consideră obligatorie în cazul dispozitivelor AAR ale instalațiilor de joasă tensiune.

În principiu, schemele de AAR trebuie să conțină un element de pornire format din relee minimale de tensiune care să controleze lipsa tensiunii pe barele supravegheate și să comande pornirea numai după ce s-a constatat existența tensiunii pe barele alimentării de rezervă. Pe lîngă acest element, schema trebuie să conțină un element de temporizare, cu o temporizare mai mare decît protecțiile liniilor care pleacă de la barele stației, pentru a nu pune în funcțiune schema de AAR în cazul defectelor în rețeaua consumatorilor.

Schema de AAR mai conține o cheie de AAR, pentru alegerea regimurilor, care permite totodată scoaterea din funcțiune a schemei, în momentul cînd se execută manevre cu întreruptorul alimentării principale sau revizii ale instalației de automatizare.

Folosirea instalațiilor de AAR prezintă următoarele avantaje:

— se mărește siguranța în funcționare, în caz de avarie sau de manevre greșite;

— se simplifică schemele de alimentare, pentru același grad de siguranță;

— se reduce personalul de exploatare.

4.6.2.4. DESCĂRCAREA AUTOMATĂ A SARCINII (DAS)

Are rolul de a reduce în mod automat sarcina consumată în sistem în momentul apariției în interiorul său a unor regimuri de funcționare care pot periclita echilibrul dintre puterile consumate și cele produse.

În funcție de parametrul supravegheat se definesc mai multe tipuri de DAS, și anume:

— DAS de frecvență — DAS-F;
— DAS de tensiune — DAS-U;
— DAS de putere — DAS-P;
— DAS de curent — DAS-C.

Puterea consumatorilor sacrificați prin DAS se stabilește pe zone și pe întreg sistemul energetic, în funcție de parametrii indicați mai sus, ținîndu-se cont de condițiile locale privind structura sistemului energetic și a consumatorilor din zona respectivă.

Pentru a nu se produce perturbații în sistem la deconectarea prin DAS a unor consumatori în timpul variațiilor de scurtă durată ale parametrilor supravegheați (frecvență, tensiune etc.), ca urmare a unor scurtcircuite, sau în timpul pauzelor de RAR sau AAR, schemele de DAS trebuie prevăzute cu :

a) reconectarea automată a consumatorilor declanșați prin DAS ;

b) temporizarea la acționare a DAS, corelată cu reducerea timpului de RAR, sau AAR.

Conform normativelor în vigoare, reconectarea automată a consumatorilor declanșați prin DAS se aplică în următoarele cazuri :

— la stațiile fără personal permanent și fără instalații de telecomandă ;

— în sistemele în care există o rezervă de putere cu intrare în acțiune rapidă (hidrocentrale, turbine cu gaze, grupuri Diesel-electrice etc.).

4.6.2.5. AUTOMATIZĂRI DE SEPARARE ÎN REȚEA

Pierderea stabilității de funcționare a unui sistem energetic constituie o avarie deosebit de gravă, care poate genera ieșirea totală din funcțiune a generatoarelor și implicit a sistemului. Pierderea stabilității se manifestă prin fluctuații repetate ale frecvenței și puterii la anumite intervale scurte de timp, care generează așa-zisele „pendulații" în sistem.

În vederea limitării și eliminării acestor regimuri anormale de funcționare, se folosesc automatizările de separare de rețea, cu ajutorul unor dispozitive de debuclare și insularizare.

Aceste dispozitive vor comanda separarea sistemului în sectoare (insule), în cazul apariției fenomenelor nedorite de mai sus.

Pentru menținerea funcționării stabile a unor consumatori importanți la apariția unor fenomene nedorite în rețea care ar putea conduce la pierderea stabilității sistemului, consumatorii importanți sau deosebit de sensibili la variații de frecvență putere, tensiune etc., vor fi separați de restul sistemului, împreună cu unul sau mai multe generatoare.

Dispozitivele de separare pot acționa după unul sau mai multe din următoarele criterii : scăderea frecvenței, schimbarea mărimii și sensului energiei, supraîncărcarea generatoarelor, scăderea de durată a tensiunii în rețea etc.

Pentru restabilirea echilibrului în sistem între puterea produsă și cea consumată, protecția de separare de rețea poate fi completată cu o instalație DAS.

4.6.3. APARATE FOLOSITE ÎN INSTALAȚIILE DE MĂSURARE, COMANDĂ, PROTECȚIE ȘI AUTOMATIZARE

4.6.3.1. APARATE DE MĂSURAT

După cum s-a arătat, în stații electrice și posturi de transformare se folosesc o serie de aparate de măsurare, cum ar fi : ampermetre, voltmetre, wattmetre, varmetre, contoare de energie activă și reactivă, frecvențmetre etc.

Aceste aparate pot fi :

Indicatoare, cînd valoarea mărimii măsurate este indicată de un ac care se deplasează în fața unei scări gradate. Din această grupă fac parte ampermetrele, voltmetrele, wattmetrele și varmetrele.

Integratoare, cînd valoarea mărimii măsurate se însumează pe o anumită perioadă de timp pe un cadran. Din această grupă fac parte contoarele de energie activă și reactivă.

Înregistratoare, cînd variația în timp a mărimii măsurate se înscrie pe o diagramă. Este cazul ampermetrelor, voltmetrelor, wattmetrelor și varmetrelor înregistratoare.

Pe cadranul aparatelor de măsurare se înscriu anumite date privind :

a) tipul aparatului ;

b) natura mărimilor la care se conectează aparatul și modul cum se face acest lucru ;

c) clasa de precizie ;

d) principiul de funcționare ;

e) tensiunea de încercare etc.

Conform normativelor în vigoare, instrumentele de măsurare utilizate în stații și posturi de transformare vor avea următoarele clase de precizie minime :

— Instrumentele indicatoare și înregistratoare folosite la tablourile de comandă trebuie să aibă cel puțin clasa de precizie 2,5.

— Instrumentele folosite pentru măsurarea frecvenței sistemelor energetice și a tensiunii pe barele controlate de dispecer trebuie să aibă cel puțin clasa de precizie 1.

— Transformatoarele de măsurare, șunturile sau rezistențele adiționale prin care se conectează instrumentele de măsurare trebuie să corespundă cel puțin clasei de precizie indicate în tabelul 4.6.1.

Tabelul 4.6.1

Corelarea clasei de precizie

Clasa de precizie a instrumentului	Clasa de precizie a transformatoarelor de măsură	Clasa de precizie a şunturilor sau a rezistenţei adiţionale
1	0,5	0,5
1,5	0,5	0,5
2,5	1	0,5

— Contoarele de energie activă şi reactivă, în funcţie de locul de instalare, trebuie să aibă următoarele clase de precizie:

■ contoarele instalate pe partea de înaltă tensiune a blocurilor generator-transformator şi care măsoară energia debitată de generatoare în reţeaua de înaltă tensiune, clasa de precizie 0,5;

■ contoarele de energie activă situate în circuitele (auto) transformatoarelor de 400/220 kV, 220/110 kV şi 400/110 kV, de regulă, clasa de precizie 0,5, cel mult 1;

■ contoarele de decontare a energiei electrice active, de regulă, clasa 1;

■ contoarele de control al energiei electrice active, de regulă, clasa de precizie 2;

■ contoarele de decontare şi de control al energiei electrice reactive, clasa de precizie 2,5.

Contoarele menţionate anterior trebuie conectate la transformatoare de măsurare avînd cel puţin clasa de precizie 0,5.

Limita superioară de măsurare a instrumentelor şi a transformatoarelor de măsurare, a şunturilor şi a rezistenţelor adiţionale, trebuie să corespundă în scara standardizată treptei egale cu $1,2V_n$ (V_n fiind valoarea nominală a mărimii ce se măsoară), sau dacă pe scara standardizată nu există treapta $1,2V_n$, va corespunde treptei imediat superioare acestei valori.

Fac excepţie ampermetrele din circuitele în care se produc vîrfuri dese de sarcină, de scurtă durată (circuite care conţin motoare electrice cu rotorul în scurtcircuit, transformatoare pentru cuptoare electrice etc.) şi din circuitele în care se admit, în conformitate cu prescripţiile specifice, suprasarcini de durată limitată în caz de avarii (generatoare, transformatoare).

1) **Relee intermediare.** Sînt relee electromagnetice cu armătură basculantă (fig. 4.6.36) utilizate în instalațiile de comandă, control și automatizare, ca element amplificator sau de execuție a unor comenzi. Ele au de regulă mai multe contacte, care pot fi normal închise sau normal deschise. În general acționarea lor este instantanee, dar există și tipuri la care acționarea se face cu temporizare la închidere sau deschidere. Bobina poate fi acționată în curent continuu sau alternativ, pentru tensiuni de: 12, 24, 36, 48, 60, 110, 220 V c.c. sau 12, 24, 42, 48, 110, 125, 220, 380, 500 V c.a.

Releele RI-3 (fig. 4.6.37) sînt construite în diverse variante, cu 4, 6 sau 8 contacte, unele normal închise iar altele normal deschise. Acționarea lor este practic instantanee.

Releele RI-3 T sînt asemănătoare cu releele RI-3, dar au o anumită temporizare și se construiesc cu patru contacte (2 ND + 2 NI).

Releele RI-3 TR reprezintă varianta cu temporizare la revenire, iar RI-3 TA, varianta cu temporizare la închidere.

Releele RI-4 și RI-5 (fig. 4.6.38) pot avea contacte normal închise, normal deschise sau NI+ND cu pol comun. Releele se pot conecta prin intermediul unui soclu, sau direct prin lipirea firelor.

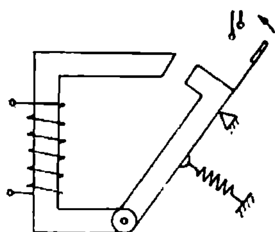


Fig. 4.6.36. Relee intermediare.

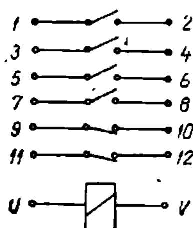


Fig. 4.6.37. Releu intermediar RI-3.

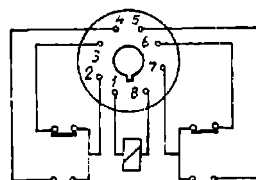


Fig. 4.6.38. Relee intermediare RI-4, RI-5.

Releele RI-7 (fig. 4.6.39) se construiesc cu șapte contacte, care pot fi normal închise sau deschise, în diverse variante constructive. Releul este acționat cînd se aplică o tensiune corespunzătoare la bornele U—V și rămîne blocat mecanic în această poziție, chiar dacă dispare tensiunea de la aceste borne. Pentru deblocare este necesar să se aplice o tensiune la bornele U_1-V_1 ale bobinei de deblocare electromagnetică.

Releele RI-10 (fig. 4.6.40) au patru contacte cu pol comun, patru normal închise și patru normal deschise. Prinderea pe panou se face prin intermediul unor prize cu legături față (CF-10) sau legături spate (CS-10).

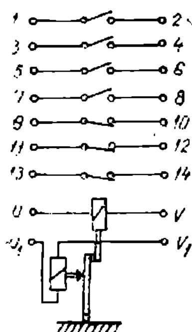


Fig. 6.39. Releu intermediar RI-7.

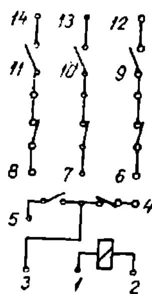
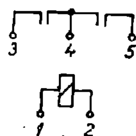


Fig. 4.6.40. Releu intermediar RI-10.

Fig. 4.6.41. Relee de semnalizare RdS-2, RdS-3.



Există trei variante constructive:

— RI-10 A, fără semnalizare;

— RI-10 B, cu semnalizarea poziției;

— RI-10 C, cu semnalizarea funcționării.

2) **Relee de semnalizare.** Sînt relee electromagnetice cu armătură basculantă, utilizate în instalațiile de comandă, protecție și automatizare pentru a pune în evidență apariția unor fenomene nedorite sau pentru a indica ce releu sau ansamblu de relee au lucrat. În general, ele se construiesc ca relee de curent sau tensiune continuă.

Releul de semnalizare RdS-2 lucrează la apariția mărimii controlate, iar releul RdS-3 lucrează la dispariția mărimii controlate. În fig. 4.6.41 este prezentată schema electrică a unui releu tip RdS-2 sau RdS-3, iar în tabelul 4.6.2 sînt indicate pozițiile clapetei de semnalizare în funcție de starea electromagnetului de acționare.

Tabelul 4.6.2

Poziția clapetei de semnalizare la releul RdS

		Intermediară	Căzută	Ridicată
Poziția clapetei		Alb, Negru	Roșu, Alb	Alb, Roșu, Negru
Starea bobinei	RdS-3	Neexcitată	Excitată	Excitată
	RdS-3	Excitată	Neexcitată	Neexcitată
Contacte		Deschise	Închise	Deschise

Astfel, în poziția intermediară (col. 1, tabelul 4.6.2) releul este pregătit pentru a acționa. Cu clapeta căzută (col. 2, tabelul 4.6.2) releul a funcționat. Dacă se încearcă să se anuleze semnalizarea prin ridicarea

Tabelul 4.6.3

Poziția clapetei de semnalizare la releul RSE

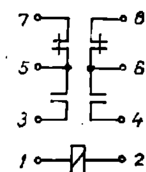


Fig. 4.6.42. Relee de semnalizare-RSE-B1, RSE-B2.

		Intermediară	Căzută	Ridicată
Poziția clapetei				
Starea bobinei	RSE-B1	Neexcitată	Excitată	Excitată
	RSE-B2	Excitată	Neexcitată	Neexcitată

clapetei și aceasta revine la poziția intermediară, înseamnă că semnalizarea a dispărut. Dacă clapeta rămîne în poziția ridicată (col. 3, tabelul 4.6.2) semnalizarea nu a dispărut.

Ca și releele RdS, varianta îmbunătățită de relee de semnalizare tip RSE (fig. 4.6.42) cuprinde două tipuri:

RSE-B1, care lucrează la apariția mărimii controlate;

RSE-B2, care lucrează la dispariția mărimii controlate.

În tabelul 4.6.3 sînt indicate pozițiile clapetei de semnalizare în funcție de starea electromagnetului de acționare în cazul releelor RSE-B1 și RSE-B2.

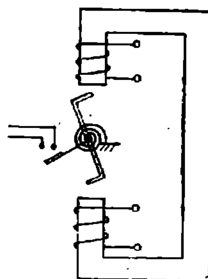


Fig. 4.6.43. Relee de curent.

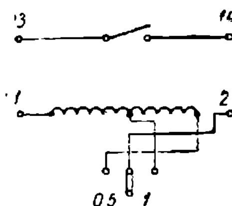


Fig. 4.6.44. Releu de curent RC-2.

3) **Relee de curent.** Sînt relee electromagnetice cu armătură rotitoare (fig. 4.6.43).

Ele sînt construite ca relee maximale, acționînd la creșterea curentului peste valoarea reglată. De regulă, au un contact normal deschis.

În prezent la noi în țară se fabrică releul de curent RC-2 (fig. 4.6.44), care poate fi reglat în mod continuu între $0,25 I_n$ și $1 I_n$, prin intermediul

unui buton ce poate fi rotit în fața unei scale. O eclisă de comutare poate stabili domeniile de acționare $0,25-0,5I_n$ sau $0,5-1I_n$. I_n este curentul nominal al releului. Releele RC-2 se fabrică pentru curenții nominali : 0,2 ; 0,6 ; 2 ; 6 ; 10 ; 20 ; 50 ; 100 și 200 A.

4) **Relee de tensiune.** Ca și releele de curent, releele de tensiune sînt relee electromagnetice cu armătură rotitoare. Ele sînt construite fie ca relee maximale, fie ca relee minimale de tensiune.

Releele maximale de tensiune (fig. 4.6.45, *a*) lucrează la creșterea tensiunii peste o anumită valoare reglată și au de regulă un contact normal deschis. La noi se fabrică releul maximal RT-3 și releul maximal stabil termic RT-3 S.

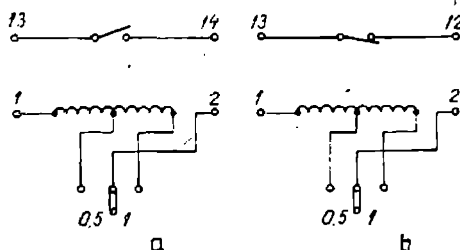


Fig. 4.6.45. Relee de tensiune : *a* — RT-3, RT-3S ; *b* — RT-4, RT-4S.

Releele minimale de tensiune (fig. 4.6.45, *b*) lucrează la scăderea tensiunii sub o anumită valoare reglată și au de regulă un contact normal închis. În prezent, la noi se fabrică releul minimal de tensiune RT-4 și releul minimal stabil termic RT-4 S.

Releele de tensiune pot fi reglate continuu între $0,25U_n$ și $1U_n$, prin intermediul unui buton și al unei eclise de comutare care poate stabili domeniile de acționare $0,25-0,5U_n$ sau $0,5-1U_n$. U_n este tensiunea nominală a releului. Releele RT-3 se fabrică pentru tensiunile nominale : 60 ; 200 ; 400 V c.a., iar RT-4 — pentru 48 ; 160 și 320 V c.a.

5) **Relee de curent cu caracteristică limitat dependentă RTp C-1.** Sînt relee de inducție cu spiră în scurtcircuit (fig. 4.6.46).

Echipajul mobil al releului este un disc de aluminiu *D*, care se poate roti în jurul axului *A*, în întrefierul electromagnetului *E*. Prin construcție, fiecare pol al electromagnetului a fost secționat în două părți. Pe una din părți el are montată o spiră în scurtcircuit (*Sp. sc. 1* sau *Sp. sc. 2*), cealaltă rămînînd liberă.

Releul RT_p C-1 are curentul de acționare reglabil în trepte de 2,5 ; 3 ; 4 ; 6 ; 8 ; 10 A și temporizarea cuprinsă între 2...10 s. Curbele de variație a temporizării în funcție de curent sînt indicate în fig. 4.6.47.

6) **Relee de timp.** Sînt utilizate în instalațiile de automatizare și control pentru realizarea anumitor temporizări impuse de necesitățile funcționale ale schemelor. În stații electrice și posturi de transformare

este utilizat cu precădere releul RTpa-5 a cărui schemă electrică este reprezentată în fig. 4.6.48.

Pentru realizarea temporizărilor el dispune de un dispozitiv de orologerie, a cărui funcționare este inițiată de un dispozitiv electromagnetic, cu un miez mobil care execută o mișcare de translație.

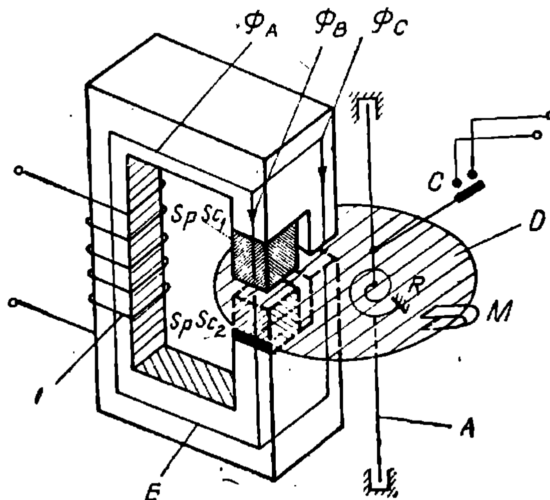


Fig. 4.6.46. Releu de curent cu caracteristică limitat dependentă RTpC-1.

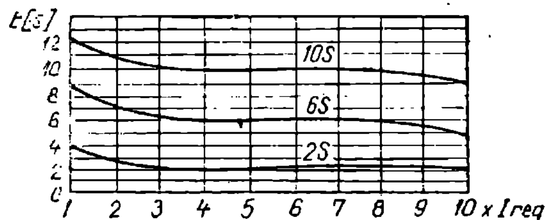


Fig. 4.6.47. Curbele de variație a temporizării în funcție de curent a releului RTpC-1.

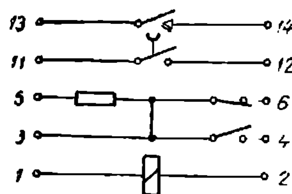


Fig. 4.6.48. Releu de timp RTpa-5.

Releul RTpa-5 este prevăzut cu mai multe contacte:

— contactul *11—12* este contactul final temporizat cu reglaj continuu;

— contactul *13—14* este un contact pasager care poate fi de asemenea reglat în mod continuu;

— contactul normal închis *3—6* și cel normal deschis *3—4* sînt contacte instantanee.

Releele RTpa-5 se construiesc pentru temporizări de 0,1—1,3 s; 0,25—3,5 s; 0,5—9 s; 2—20 s și tensiuni nominale de 24; 48; 60; 110 și 220 V c.c.

7) **Relee de frecvență minimă RFm-3; RFm-4.** Sînt destinate deconectării automate a unor consumatori cînd frecvența tensiunii rețelei scade sub o anumită valoare reglată pe releu. Ele fac de regulă parte din schemele de DAS-F.

Funcționarea releului de frecvență minimă RFm-3, RFm-4 se bazează pe compararea duratei perioadei semnalului supravegheat, cu o durată etalon interioară.

Semnalul sinusoidal supravegheat este aplicat circuitului *1* (fig. 4.6.49). Acesta produce niște impulsuri dreptunghiulare cu o durată egală cu perioada semnalului supravegheat. Impulsul dreptunghiular produs de *1* se compară ca durată cu impulsul etalon interior, generat de circuitul monostabil *2*. Dacă durata semnalului T_1 (egală cu perioada semnalului supravegheat) este mai mare decît durata impulsului etalon T, are loc comanda circuitului monostabil *3*, care acționează circuitul de execuție *4* și implicit releul de ieșire *R*.

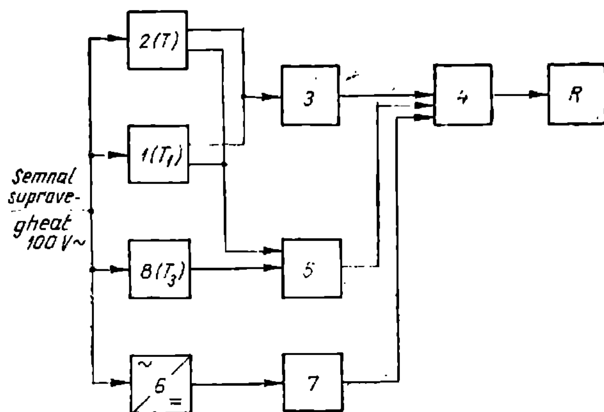


Fig. 4.6.49. Schema de principiu a releelor RFm-3 și RFm-4.

Dacă durata (perioada) semnalului supravegheat T_1 este mai mică decît durata impulsului etalon T, este acționat circuitul monostabil *5*, care blochează circuitul de execuție *4*.

Schema interioară a releului este alimentată prin intermediul redresorului stabilizat *6*, a cărui sursă este tot semnalul supravegheat.

Pentru a nu avea loc acționări la scăderea semnalului supravegheat sub nivelul de stabilizare a redresorului *6*, s-a introdus detectorul de nivel *7*, care în eventualitatea apariției acestui fenomen blochează circuitul de execuție *4*. Această blocare trebuie să survină la o scădere sub 50 V a tensiunii supravegheate.

Pentru a evita acționarea falsă a releului la apariția unor semnale de frecvență redusă ca urmare a unor regimuri tranzitorii datorate deconectării unor linii, s-a introdus circuitul monostabil *8*. Acesta este reglat corespunzător unei frecvențe de 38 Hz. Ținînd cont de relația $T = 1/f$, rezultă că circuitul monostabil *8* are o durată a impulsului de $T_3 = 1/38$ s. Deci dacă durata (perioada) semnalului supravegheat T_1 este mai mare decît durata T_2 a circuitului monostabil *8*, atunci este comandat circuitul monostabil *5*, de blocare a funcționării.

— În prezent se utilizează pe scară largă releul de frecvență tip Tehnoton.

8) **Relee filtru de tensiune de componentă simetrică inversă FRT-2a.** Este utilizat pentru protecția instalațiilor energetice împotriva regimurilor nesimetrice, fiind folosit ca protecție de rezervă în schemele generatoarelor, transformatoarelor, liniilor electrice, sau în schemele de DAS-U.

Releul (fig. 4.6.50) se compune dintr-un organ de măsurare *RT*, alimentat cu o tensiune redresată de la un filtru de tensiune de succesiune inversă, conceput în schema activ-capacitivă.

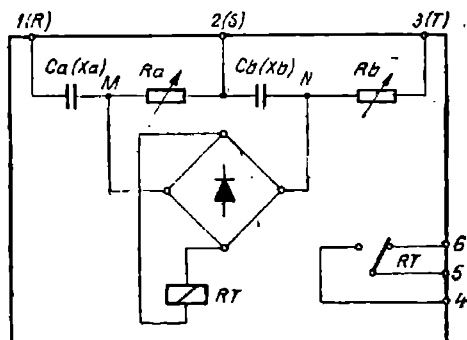


Fig. 4.6.50. Schema de principiu a releului FRT-2a.

În situația cînd în sistemul trifazat care alimentează releul apare o componentă de succesiune inversă, filtrul permite obținerea la bornele *MN* a unei tensiuni proporționale cu valoarea componentei de succesiune inversă aplicate. Această tensiune este redresată și dacă valoarea ei depășește valoarea reglată pe *RT*, releul va acționa. Tensiunea nominală a releului este 3×100 V, domeniul de reglaj a tensiunii de succesiune inversă fiind 10...20 V.

9) **Relee filtru de curent de componentă simetrică inversă FRC-2a.** Sînt utilizate ca protecție de rezervă a liniilor de medie tensiune din

rețelele cu neutrul izolat sau compensat, împotriva regimurilor nesimetrice. El poate fi folosit în unele situații de asemenea ca protecție de rezervă și în cazul transformatoarelor, generatoarelor și motoarelor electrice.

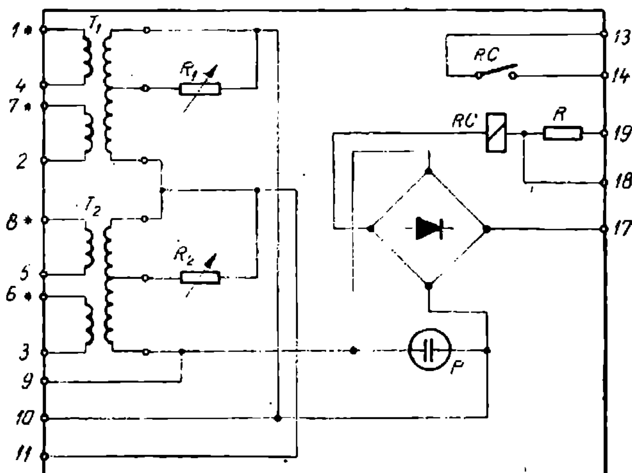


Fig. 4.6.51. Schema de principiu a releului FRC-2a.

Releul (fig. 4.6.51) este realizat dintr-un filtru de curent de componentă simetrică inversă, compus din două transformatoare de curent T_1 și T_2 și un organ de măsurare, constituit din releul maximal de curent *RC*. Acesta se conectează la tensiunea secundară a filtrului, care este redresată prin intermediul unei punți cu diode. Pentru protecția punții contra supratensiunilor care ar putea apare în diverse regimuri de funcționare, s-a prevăzut un eclator cu gaz *P*.

În funcție de elementul ce urmează a fi protejat, releul FRC-2a se conectează în schema cu două, sau trei transformatoare de curent.

10) **Relee direcționale. Releu direcțional cu elemente statice RDC-3.** Releele direcționale acționează sub influența a două mărimi, curentul și tensiunea. Ele controlează sensul puterii în circuitul supravegheat și sînt folosite în cadrul protecțiilor maximale de curent direcționate sau în componența unor relee complexe, cum ar fi cele de distanță.

Releul direcţional cu elemente statice RDC-3 funcţionează după principiul „balanţei electrice". El determină semnul funcţiei:

$$M = |\underline{i} + \underline{u}| - |\underline{i} - \underline{u}|$$

unde $\underline{i}$ şi $\underline{u}$ sînt mărimi care se obţin în secundarele transformatorului de curent T_1 şi transformatorului de tensiune T_2 (fig. 4.6.52). Ele sînt proporţionale cu curentul $\underline{I}$ şi tensiunea $\underline{U}$, care se aplică la bornele releului.

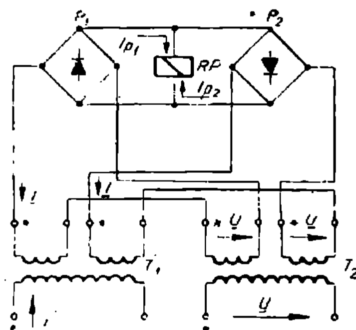


Fig. 4.6.52. Schema de principiu a funcţionării releelor direcţionale RDC-3.

În fig. 4.6.52 se observă că puntea redresoare P_1 este alimentată cu mărimea $\underline{u} + \underline{i}$, în timp ce puntea redresoare P_2 este alimentată cu mărimea $\underline{u} - \underline{i}$. Se obţin astfel doi curenţi redresaţi i_{p1} şi i_{p2}, care acţionează în sensuri contrare asupra releului RP.

Cînd:

- $i_{p1} > i_{p2}$, deci: $|\underline{i} + \underline{u}| > |\underline{i} - \underline{u}|$, releul acţionează;
- $i_{p1} < i_{p2}$, deci: $|\underline{i} + \underline{u}| < |\underline{i} - \underline{u}|$, releul nu acţionează.

Pentru valori constante ale curentului şi tensiunii aplicate la bornele releului, semnul funcţiei M depinde de unghiul dintre $\underline{I}$ şi $\underline{U}$ şi de unghiul interior α al releului.

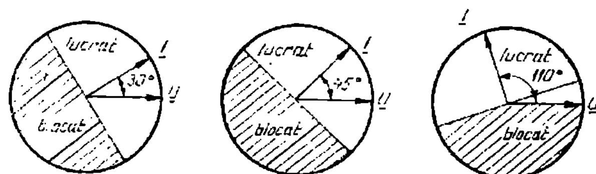


Fig. 4.6.53. Caracteristicile de acţionare ale releelor direcţionale RDC-3.

La releele RDC-3 unghiul de sensibilitate maximă poate avea valorile 30°; 45° şi 110° capacitiv, în funcţie de reglajul ales. Caracteristicile de acţionare pentru aceste unghiuri sînt indicate în fig. 4.6.53.

11) **Relee diferenţiale RDS-3a.** Protecţia diferenţială este o protecţie de bază a transformatoarelor, utilizată împotriva scurtcircuitelor interne sau la borne.

Releul RDS-3a (fig. 4.6.54) este utilizat pentru protecția unei faze a transformatoarelor de putere. În compunerea lui intră un transformator cu saturație rapidă cu trei coloane, pe care sînt dispuse mai multe înfășurări, și un releu de curent RC-2.

Transformatoarele cu saturație rapidă asigură desensibilizarea protecției față de șocurile de curent de magnetizare la conectarea transformatorului sau la restabilirea tensiunii în rețea. Pe coloana din mijloc a circuitului magnetic, se găsește înfășurarea de lucru W_l și înfășurările de egalizare W_{e2} și W_{e1}, care servesc la egalizarea curenților din înfășurarea de lucru. Pe fiecare din coloanele laterale se găsește cîte o jumătate din bobina de frînare W_f și cîte o jumătate din bobina secundară W_s, care alimentează releul de curent *RC*.

Pentru protecția diferențială a transformatoarelor, zona protejată este cuprinsă între transformatoarele de curent.

La defecte ce apar în afara zonei protejate (fig. 4.6.54), i_2 va parcurge înfășurările W_l, W_{e1} și W_f. Parcurgînd W_f, i_2 va produce fluxul de frînare Φ_f, care se închide numai prin coloanele exterioare, avînd sensurile din figură. Rezultă că i_2 este cel care produce frînarea, deci $i_f = i_2$.

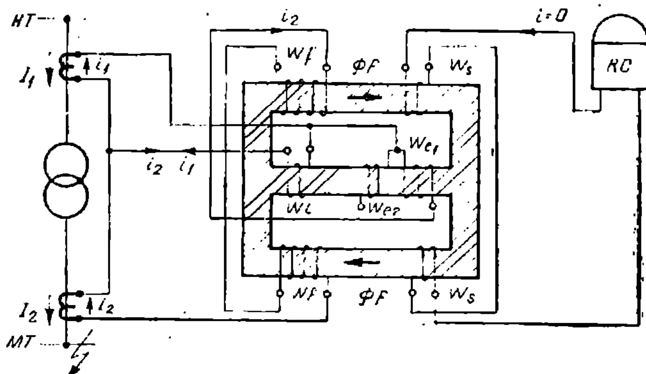


Fig. 4.6.54. Schema de principiu a acționării releelor diferențiale RDS-3a la defecte ce apar în afara zonei protejate.

Curentul secundar i_1 străbate bobina de lucru W_l, în sens contrar celui în care i_2 străbate W_l și W_{e1}. Fluxurile produse de acești curenți la trecerea prin W_l și W_{e1} se anulează reciproc, fluxul rezultant în coloana din mijloc fiind, teoretic, nul. (Practic apare un flux datorită curentului de dezechilibru $i_{dez} = i_1 - i_2$.)

Releul *RC* nu va acționa în acest caz, deoarece fluxul Φ_f va produce în cele două secțiuni ale lui W_s tensiuni electromotoare de sensuri con-

trare, astfel încît curenții produși de ele se anulează reciproc în bobina releului *RC*. Deci la defecte exterioare zonei protejate, releul nu lucrează.

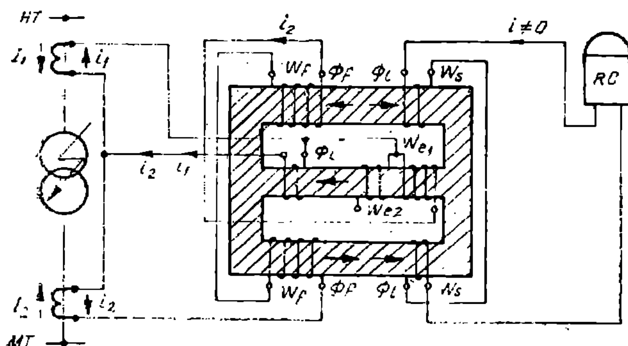


Fig. 4.6.55. Schema de principiu a acționării releelor diferențiale RDS-3a la defecte ce apar în interiorul zonei protejate.

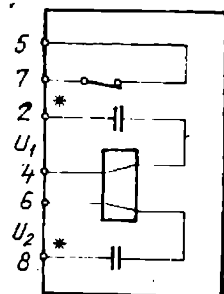


Fig. 4.6.56. Releu pentru controlul sincronismului RCS.

În cazul unui scurtcircuit în interiorul zonei protejate, (fig. 4.6.55) i_1 și i_2 parcurg în același sens bobina de lucru și vor produce un flux Φ_l care se închide prin coloanele laterale. Datorită valorilor mari ale curenților de scurtcircuit, Φ_l este mai mare decît Φ_f. Releul *RC* va acționa în acest caz, fluxul Φ_l producînd în cele două secțiuni ale înfășurării W_s curentul i.

12) **Releu pentru controlul sincronismului RCS.** Sînt utilizate de regulă în schemele de RAR trifazat. Rolul lor constă în a controla defazajul dintre tensiunea de pe linie și cea de pe bare și în situația că acesta este mai mic decît valoarea reglată pe releu, să permită reanclanșarea liniei.

Cînd tensiunea de pe bară și cea de pe linie sînt în fază sau au un defazaj mic, releul își menține contactul închis.

Cînd defazajul dintre tensiunea de pe bare și cea de pe linie este mai mare decît valoarea reglată, releul își deschide contactul.

În fig. 4.6.56 este reprezentată schema electrică a releului pentru controlul sincronismului tip RCS produs de ICEMENERG. El este realizat dintr-un releu electromagnetic, pe al cărui miez sînt dispuse două bobine. La una dintre ele se conectează tensiunea de linie, iar la cealaltă, tensiunea de pe bare.

Funcţionarea releului se bazează pe principiul comparării fluxurilor antagoniste create de tensiunile al căror sincronism se controlează. Releele RCS au domeniul de funcţionare reglabil între 20—40°. În funcţie de varianta constructivă, tensiunile al căror sincronism se controlează pot avea valorile: 100/100 V; $\frac{100}{\sqrt{3}}/\frac{100}{\sqrt{3}}$ V; 100/$\frac{100}{\sqrt{3}}$ V, 50 Hz.

13) **Dispozitive pentru reanclanşarea rapidă — RAR.** Sînt instalaţii care realizează reanclanşarea automată rapidă a întreruptoarelor liniilor care au fost declanşate prin protecţie.

Dispozitiv de RAR tip RAR-S. Este utilizat de regulă pentru reanclanşarea întreruptoarelor liniilor de medie tensiune, fiind realizat de ICEMENERG pentru un singur ciclu de funcţionare.

În fig. 4.6.57 este reprezentată schema interioară şi modul de conectare în instalaţie a dispozitivului RAR-S.

Punerea în funcţiune a acestuia se face conectînd cheia de RAR, C_{RAR}. Prin aceasta, condensatorul *C* se încarcă datorită circuitului format între borna *1*, contactul instantaneu RT_{pi}, rezistenţa R_i, condensatorul *C* şi borna *2* a dispozitivului. Datorită rezistenţei R_i, timpul de încărcare a condensatorului *C* este de minim 20 s.

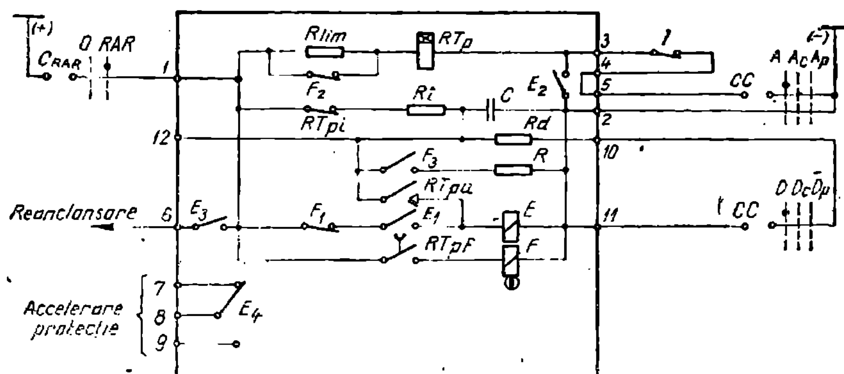


Fig. 4.6.57. Releu de RAR tip RAR-S.

Dacă întreruptorul liniei declanşează prin protecţie, prin circuitul format de cheia de comandă şi contactul auxiliar normal închis *I* (al întreruptorului) se excită bobina releului de timp *RTp*.

În urma deschiderii contactului *RTpi* şi închiderii temporizate a contactului pasager *RTpa*, condensatorul *C* se va descărcă pe bobina

releului intermediar E, care excitîndu-se, se automenține prin contactele F_1, E_1 și trimite un impuls de reanclanșare prin contactul E_3.

Prin închiderea contactului E_2, bobina releului RT_p va fi în continuare alimentată, deși contactul auxiliar I al întreruptorului s-a deschis (ca urmare a reanclanșării acestuia).

În momentul închiderii contactului $RTpf$, se excită releul F și astfel se dezexcită releul E. Odată cu aceasta, se întrerupe și impulsul de reanclanșare (prin deschiderea contactului E_3). Rezultă că durata impulsului de reanclanșare este dată de diferența dintre reglajele celor două contacte $RTpf$ și $RTpa$.

Prin închiderea contactului F_2, condensatorul C se descarcă complet pe rezistența R, astfel încît, în cazul unei noi declanșări prin protecție (RAR nereușit), acesta nu mai este capabil să producă o nouă reanclanșare.

În urma dezexcitării releului E, se deschide contactul E_2, astfel că releul RTp se dezexcită și el. Prin deschiderea contactului $RTpf$, se dezexcită releul F. Prin închiderea contactului $RTpi$ condensatorul C începe din nou să se încarce, astfel că după scurgerea timpului necesar încărcării, dispozitivul este pregătit pentru o nouă reanclanșare.

În cazul efectuării unei comenzi de declanșare prin cheie de comandă, se întrerupe circuitul de alimentare al bobinei releului de timp RTp. Condensatorul C se va descărca pe rezistența de descărcare Rd, blocîndu-se funcționarea dispozitivului.

Dispozitiv de RAR tip RAR-2c. Este destinat reanclanșării automate rapide trifazate a întreruptoarelor liniilor de medie tensiune. El poate efectua la alegere unul sau două cicluri de RAR.

Alimentarea dispozitivului se face printr-un grup de redresare (fig. 4.6.58) compus din transformatorul T_r și puntea cu diode P, la o tensiune alternativă de 100 sau 220 V c.a., în funcție de poziția eclisei E_1.

Pentru a fi pregătit de funcționare, este necesară închiderea cheii de RAR și așezarea comutatorului pas cu pas C_{pp}, pe o poziție diferită de zero. C_{pp} este acționat la fiecare declanșare prin protecție la care trebuie să lucreze RAR (bornele *7—8*). El servește la limitarea numărului total de reanclanșări posibile, la valoarea fixată de C_{pp}.

Cheia de RAR fiind închisă și C_{pp} pe una din pozițiile *1—20*, releul S se excită și prin contactul său S_1 pregătește circuitul releului M, iar prin contactul S_2 aprinde lampa cu neon L_1, care semnalizează că dispozitivul este în funcțiune.

Din acest moment, condensatoarele *1C* și *2C* încep să se încarce prin circuitul format de bobina releului de timp RT, contactul normal închis al acestuia RTi, dioda D_5 sau D_7, respectiv *1Ri* sau *2Ri*.

/

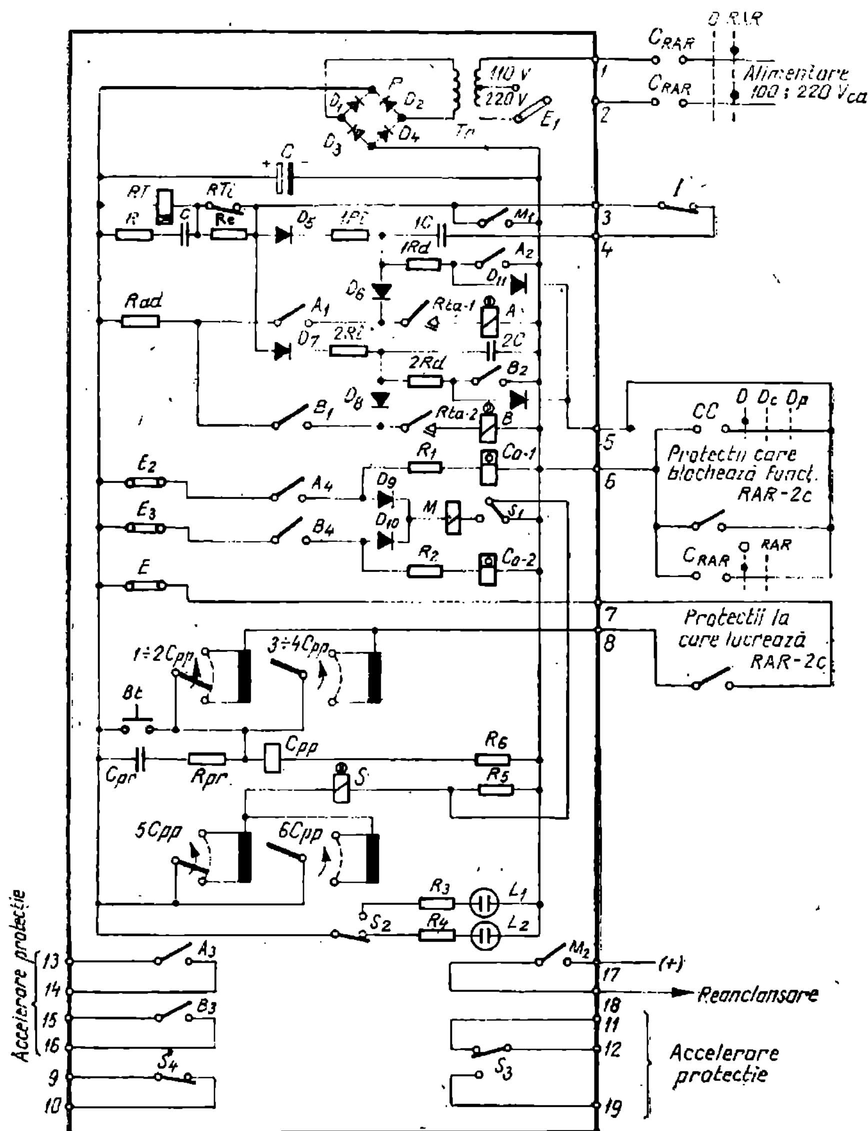


Fig. 4.6.58. Releu de RAR tip RAR-2c.

Rezistențele $1R_t$ sau $2R_t$ sînt astfel dimensionate încît încărcarea condensatoarelor să se producă în 60...100 s.

La declanșarea întreruptorului prin protecție, contactul auxiliar normal închis *I* al acestuia scurtcircuitează bornele *3—4* ale dispozitivului, excitînd totodată bobina releului *RT*.

După scurgerea timpului reglat corespunzător pauzei de RAR a ciclului *I*, se închide contactul *Rta-1* și condensatorul *1C* se descarcă pe bobina releului *A*, care se excită. Prin contactul A_4 al releului *A*, se alimentează releul *M* și contorul de impulsuri *CO-1*, dacă eclisa E_2 se află în poziția conectat.

Prin închiderea contactului A_2, se realizează descărcarea rapidă și completă a condensatorului *1C* pe rezistența *1Rd*, astfel că *1C* nu va mai fi capabil decît după 60...100 s. de la revenirea dispozitivului în starea inițială, să producă o nouă excitare a releului *A*. Prin aceasta se realizează autoblocarea dispozitivului în fața unor serii de anclanșări și declanșări repetate în caz de defect persistent pe linie.

Prin contactul M_2 al releului *M*, dispozitivul comandă reanclanșarea întreruptorului.

Contactul M_1 realizează scurtcircuitarea clemelor *3—4* pe toată perioada închiderii contactului alunecător *Rta-1* al releului de timp, asigurînd astfel o durată de 1...1,5 s a impulsului de anclanșare.

În situația cînd defectul a fost eliminat prin RAR ciclul I, întreruptorul rămîne anclanșat. Dacă defectul persistă, protecția va acționa din nou și va declanșa întreruptorul.

Deoarece condensatorul *1C* nu a avut timp suficient să se încarce, la închiderea contactului *Rta-1* releul *A* nu se va mai excita. În schimb, la închiderea contactului *Rta-2*, corespunzător pauzei de RAR a ciclului II, se va excita contorul *CO-2* și releul *B*, care va comanda, prin contactul B_4 și eclisa E_3, excitarea releului *M* și apoi o nouă reanclanșare.

Dacă defectul nu a fost eliminat nici de astă dată, atunci protecția va declanșa din nou întreruptorul. Deși releul *RT* se va excita, o nouă reanclanșare nu va mai avea loc, deoarece condensatoarele *1C* și *2C* nu au avut timp suficient să se încarce.

Blocarea RAR-2c la comenzi de declanșare a întreruptorului prin cheia de comandă se realizează prin descărcarea condensatoarelor *1C* și *2C*, ca urmare a scurtcircuitării bornelor *5* și *6* prin intermediul cheii de comandă (în situația acționării acesteia în sensul declanșării întreruptorului).

13.3. DISPOZITIV DE RAR TIP RAR-T

Dispozitivul (fig. 4.6.59), produs de ICEMENERG, efectuează reanclanşări automate rapide trifazate cu un singur ciclu, fiind destinat în general reanclanşării liniilor de 110 kV. Dispozitivul RAR-T este pregătit pentru funcţionare, dacă cheia de RAR se află pe poziţia „RAR în funcţiune“.

Pentru pornirea funcţionării dispozitivului, este necesar ca în borna 3 să se primească un impuls de la releele de excitaţie ale protecţiilor de la care se doreşte reanclanşarea automată rapidă. Se excită astfel releul P, care prin contactul P_1 execută comanda de declanşare, iar prin contactul P_2, excită releul MP. Releul MP se automenţine prin contactul MP_1, iar prin contactul MP_3 excită releul RTB.

Dacă după declanşarea liniei sînt îndeplinite condiţiile de lipsă tensiune sau controlul sincronismului, se excită releul de timp RT_p (prin contactul MP_2).

După scurgerea timpului reglat al pauzei de RAR, se închide contactul RT_{pa}, care prin contactul G_3 normal închis excită releul A, ce se automenţine la rîndul lui prin contactul A_2.

Prin contactul A_2, releul A comandă reanclanşarea întreruptorului, iar prin contactul, A_3, dezexcită releul de blocaj RTB, care revine în poziţia iniţială.

Releul RT_p rămîne în continuare atras (prin contactul închis A_3) şi prin închiderea contactului RT_{pf} excită releele C şi G, care se automenţine prin contactul C_1.

Contactul G_3 întrerupe alimentarea releului A. Rezultă că durata impulsului de reanclanşare este egală cu diferenţa dintre reglajele lui RT_{pf} şi RT_{pa}.

Prin deschiderea contactului normal închis C_1, se dezexcită releul MP, iar prin contactul C_2, se excită releul de blocaj RTB.

Dacă defectul a fost eliminat prin RAR, după trecerea timpului de blocaj reglat pe releul RTB, se închide contactul RTB_f. Prin aceasta se excită releul B, care prin contactul B_1 duce la dezexcitarea releelor C şi G, schema revenind la starea iniţială.

Dacă defectul nu a fost eliminat prin RAR, se va produce o nouă declanşare. Releul RTB fiind excitat, releul B nu va mai putea produce excitarea releului MP prin contactul P_2, deoarece contactul C_1 este deschis. Dispozitivul RAR-T fiind blocat, întreruptorul rămîne declanşat.

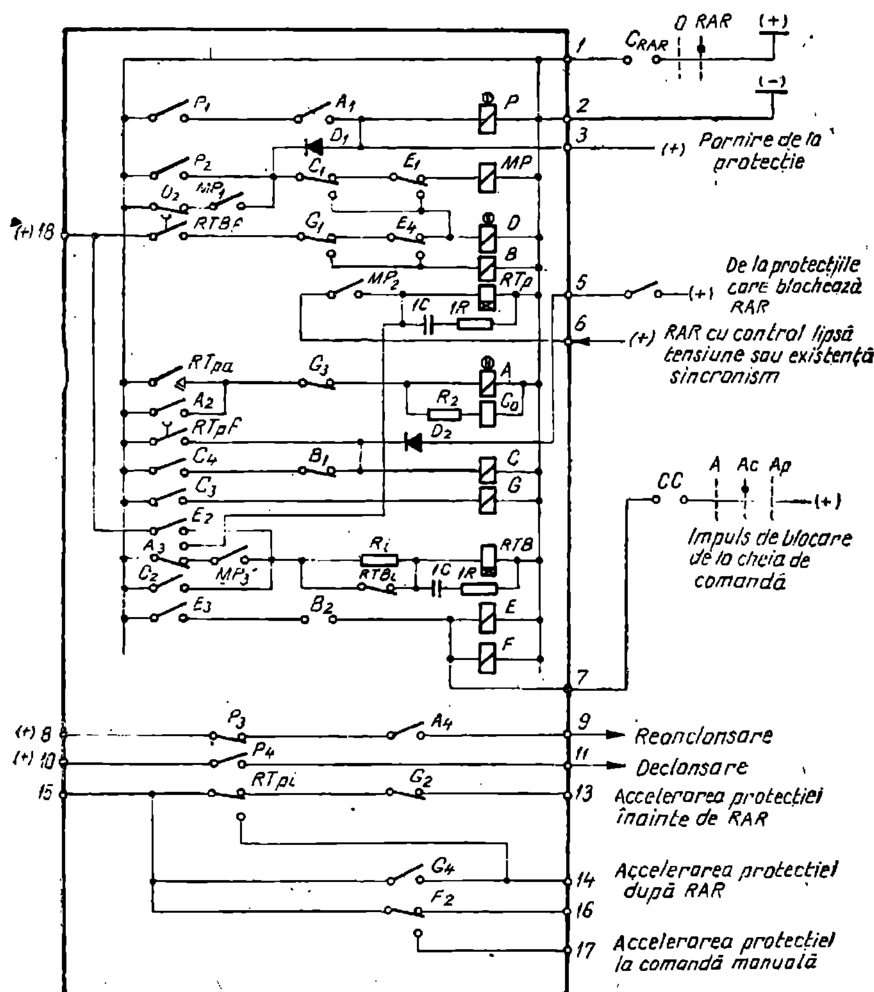


Fig. 4.6.59. Releu de RAR tip RAR-T.

Blocarea funcționării dispozitivului are loc și în următoarele situații :

— Cînd, după declanșarea prin protecție, nu sînt îndeplinite condițiile de lipsă tensiune sau controlul sincronismului (nu se va mai produce reanclanșarea, schema revenind la starea inițială după trecerea timpului de blocaj reglat pe *RTB*).

— După comanda anclanșării voite a întreruptorului (datorită „plusului" primit în borna 7, se excită relcele *E* și *F*, iar prin contactul E_2 se excită releul *RTB*).

— Dacă au funcționat acele protecții care blochează RAR-ul (apare (+) în borna 5).

14) **Relee de distanță**. Releele de distanță și, implicit, protecția de distanță constituie la ora actuală elementul de bază utilizat în schemele de protecție a liniilor interconectate de înaltă și foarte înaltă tensiune. Principalele avantaje ale protecției de distanță în comparație cu alte tipuri de protecții constau în :

— dependența redusă a sensibilității față de regimul de funcționare a rețelei ;

— deconectarea defectelor cu o temporizare cu atît mai mică, cu cît acestea se produc mai aproape de locul instalării releului ;

— delimitarea cu suficientă precizie a zonelor protejate.

În principiu, în caz de defect, releul de distanță măsoară impedanța de la locul de instalare pînă la cel de scurtcircuit. El compară în mod succesiv această valoare cu niște impedanțe reglate pe releu. Aceste impedanțe reflectă de fapt lungimea zonelor protejate, eșalonate de regulă în trei-patru trepte.

În treapta I, corespunzătoare unei anumite lungimi a liniei protejate (fig. 16.60), releul va declanșa foarte rapid.

În treptele superioare, pe măsură ce crește distanța de la locul de instalare a releului, crește și temporizarea la declanșare.

Valorile impedanțelor reglate se obțin în urma unor calcule care țin cont de lungimea liniei protejate, de caracteristicile ei geometrice, de raportul de transformare al transformatoarelor de curent și tensiune ce alimentează releul de distanță, precum și de încadrarea liniei în sistemul energetic.

Releul de distanță acționează la scăderea impedanței supravegheate sub valoarea impedanței reglate pe el, pentru treapta respectivă.

Dacă valoarea măsurată este mai mică decît valoarea reglată pentru treapta I, releul va comanda declanșarea în această treaptă. În mod analog, dacă valoarea măsurată este mai mare decît valoarea reglată

pentru treapta I, dar mai mică decît valoarea reglată pentru treapta a II-a, releul va comanda declanşarea în treapta a II-a. În acelaşi mod se petrec lucrurile şi în cazul treptei a III-a sau a IV-a.

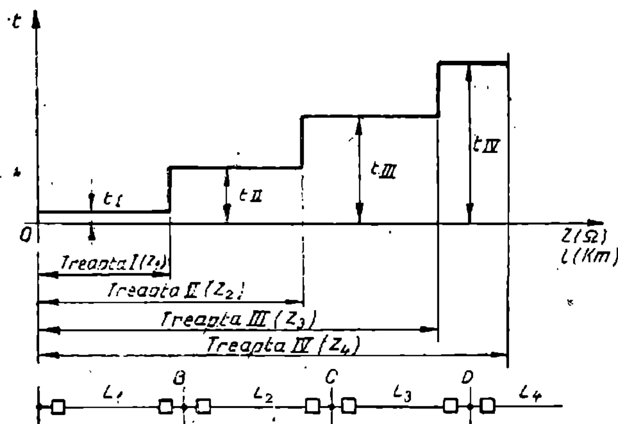


Fig. 4.6.60. Schema de principiu a modului de acţionare a protecţiei de distanţă.

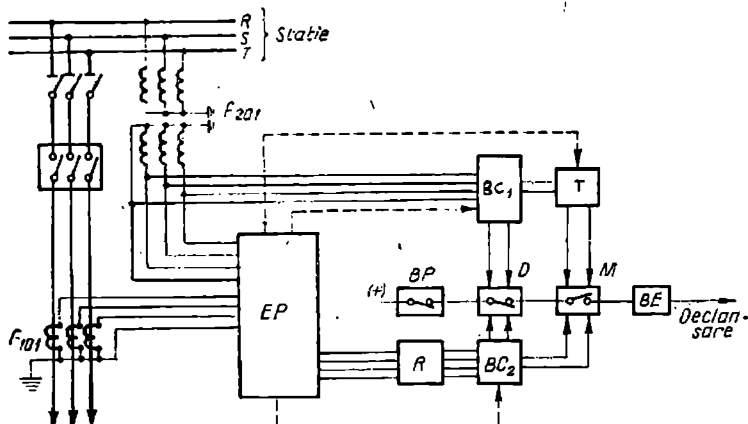


Fig. 4.6.61. Schema bloc a releelor de distanţă.

Aşa cum se observă în fig. 4.6.61, în compunerea unui releu de distanţă intră mai multe elemente care concură la buna lui funcţionare.

Elementele de pornire *EP* au rolul de a sesiza apariţia unui defect şi de a iniţia funcţionarea ansamblului. Ele pot fi constituite din relee de curent maximale sau din relee de minimă impedanţă. În caz de defect,

elementele de pornire vor iniția funcționarea elementului de timp T, a blocului de comutare BC_1 și a blocului de comutare BC_2.

Blocul de comutare BC_1 selectează tensiunile corespunzătoare scurtcircuitului. El alimentează cu tensiunile necesare funcționarea releului

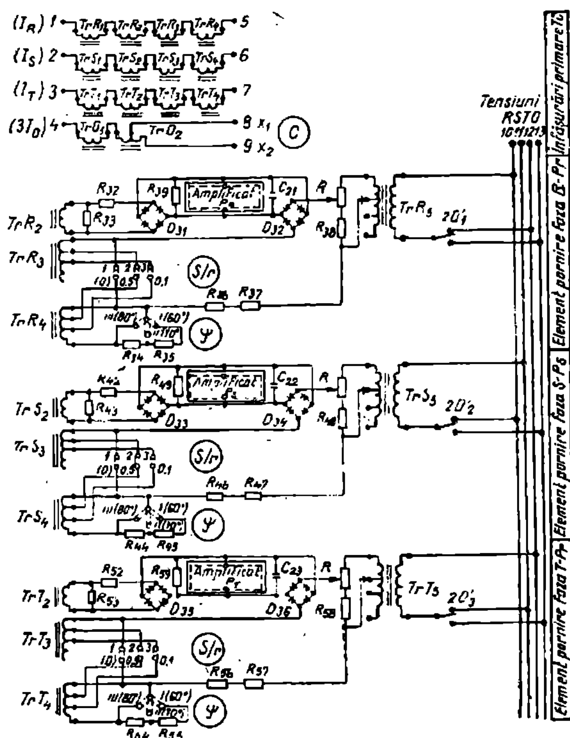


Fig. 4.6.62. Releu de distanță PD-2.

direcțional D și prin intermediul releului de timp T, organul de măsurare M.

Blocul de comutare BC_2 are rolul de a alimenta releul direcțional și organul de măsurare M, cu o tensiune proporțională cu curentul de scurtcircuit, culeasă de pe grupul de rezistențe (transformatoare) R.

Releul de distanță mai conține un element pentru blocajul la pendulații BP și un bloc de execuție a comenzilor de declanșare, BE.

Schema bloc din fig. 4.6.61 corespunde releelor de distanţă tip monosistem, care utilizează un singur element de măsurare şi un singur element de direcţie, alimentarea acestora făcîndu-se în funcţie de scurtcircuit, printr-un sistem de alegere a unor contacte (blocurile de comu-

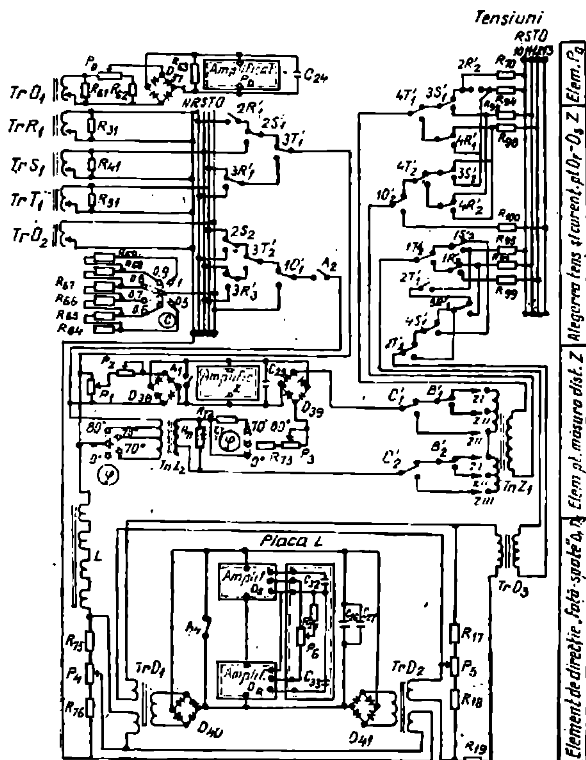


Fig. 4.6.62. (continuare)

tare BC_1 şi BC_2). Există însă şi relee de distanţă care au cîte un element de demaraj sau măsurare pentru fiecare tip de defect.

Releul de distanţă PD-2 (fig. 4.6.62), produs de ICEMENERG, este un un releu de tip monosistem.

Elementele de pornire la minimă impedanţă P_R, P_S, P_T, elementul de măsurare *2*, precum şi elementele direcţionale D_F — D_S funcţionează

după principiul comparării valorilor absolute ale unor funcții lineare de curent și tensiune.

Ca organ „de nul" în schemele de comparare se utilizează un amplificator basculant, care folosește ca element execuție un releu cu contacte în gaz (Reed).

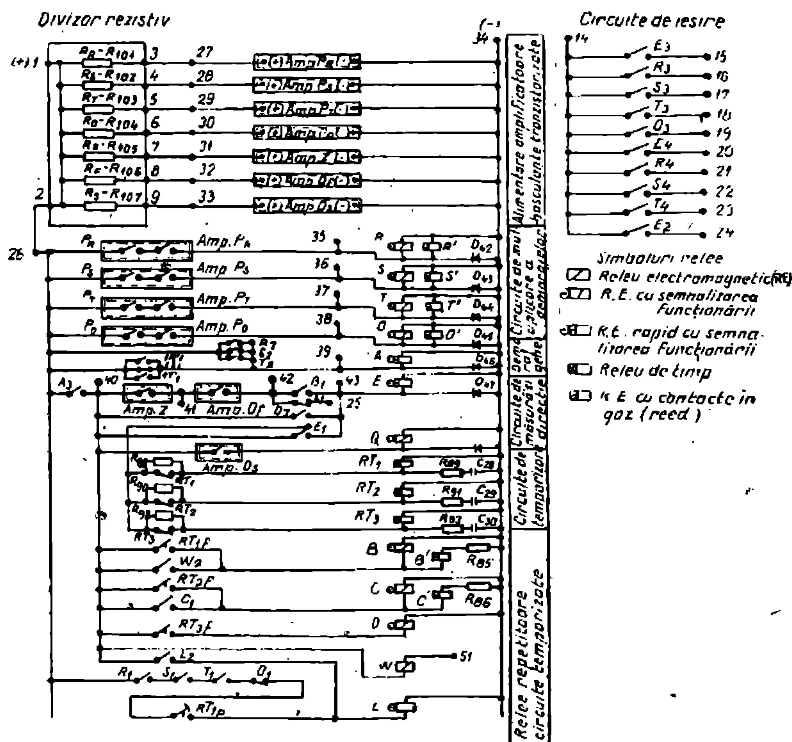


Fig. 4.6.62. (continuare)

Releul de distanță PD-2 dispune de trei elemente de pornire la minimă impedanță P_R, P_S, P_T. În planul Z, caracteristica lor de acționare este un cerc (fig. 4.4.63). Raza, raportul de excentricitate/fază și unghiul se reglează prin intermediul unor eclise pe panoul frontal.

Elementul de măsurare a impedanței de defect are în planul Z o caracteristică în formă de cerc (fig. 4.6.64).

Elementul de măsurare a fost astfel conceput încît, în cazul unui scurtcircuit la capătul zonei protejate, el să lucreze corect pentru valori maxime ale rezistenței de arc egale cu 60% din impedanța fixată pe releu.

Elementul de direcție $D_F - D_S$ este compus din două elemente direcționale, D_F și D_S. D_F acționează cînd circulația energiei este de la bare

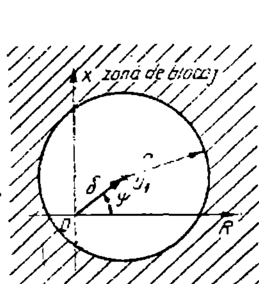


Fig. 4.6.63. Caracteristica de acționare a elementelor de demaraj din releul PD-2.

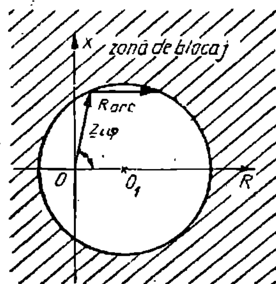


Fig. 4.6.64. Caracteristica de acționare a elementului de măsurare din releul PD-2.

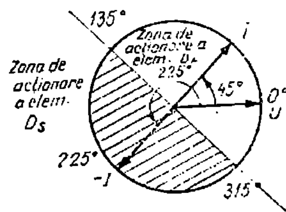


Fig. 4.6.65. Diagrama de acționare a elementului direcțional.

spre linie, în timp ce D_S acționează cînd circulația energiei este în sens contrar.

În fig. 4.6.65 este prezentată diagrama de acționare a elementului direcțional $D_F - D_S$, al cărui unghi de sensibilitate maximă este 45°, respectiv 225° capacitiv.

Obținerea temporizărilor necesare realizării caracteristicii impedanță-timp se face utilizînd trei relee de timp *RTpa*-5. Treapta I este netemporizată.

Pentru a sesiza apariția curentului homopolar în cazul unor defecte cu pămîntul, este utilizat releul de curent homopolar P_0.

4.7. MARCAREA APARATELOR ȘI BARETELOR FOLOSITE ÎN SCHEMELE DE CIRCUITE PRIMARE ȘI SECUNDARE

Marcarea aparatelor folosite în schemele de circuite primare și secundare ale stațiilor și posturilor de transformare se face conform indicațiilor din tabelul 4.6.4.

Marcarea baretelor folosite în schemele de circuite secundare ale stațiilor și posturilor de transformare este indicată în tabelul 4.6.5.

Tabelul 4.6.4

Marcarea circuitelor de racordare a aparatelor

Grupa de aparate	Subgrupa de aparate	Simbol
1	2	3
a) Aparate de conectare utilizate în circuitele primare	Întreruptor de putere (unul pe circuit)	a 0
	Idem (mai multe pe circuit)	a 01 ; a 02
	Separator de bare sistem 1 —secția A	a 1
	Idem sistem 2 — secția A	a 2
	Idem sistem 1 — secția B	a 3
	Idem sistem 2 — secția B	a 4
	Separator bare transfer	a 7
	Separator legare la pămînt linie, trafo, autotrafo	a 8
	Separator linie	a 9
	Separator legare la pămînt bare — sistem 1, secția A	a 16
	Idem sistem 2 — secția A	a 26
	Idem sistem 1 — secția B	a 36
	Idem sistem 2 — secția B	a 46
	Separator longitudinal bare sistem 1	a 20, a 21, a 22
	Idem sistem 2	a 23, a 24, a 25
	Separator legare la pămînt întreruptor spre bare (în celulă)	a 51
	Idem spre linie (în celulă)	a 52
	Separator legare la pămînt bare transfer	a 76
	Notă : Pentru separatoare pot fi folosite simbolurile A 1—A 5, A 7—A 9 ; A 16 ; A 20—A 29 ; A 36 ; A 40—A 79	
b) Aparate de conectare auxiliare (utilizate în circuitele secundare)	— Aparate legate de poziția căruciorului (la celulele prefabricate)	
	Contact limitator poziție	b 0
	Priză și fișe cu multe contacte	b 1, b 2
	— Aparate aparținînd dispozitivelor de acționare (pot fi marcate de asemenea cu simbolul aparatului primar)	
	Buton comandă anclanșare	b 011...b 019
	Buton comandă declanșare	b 021...b 029
	Alte butoane	b 031...b 039
	Comutator de comandă	b 041...b 049

1	2	3
	— Aparate diverse Buton comandă anclanșare Buton comandă declanșare Alte butoane Comutator de comandă Alte comutatoare Comutator voltmetric sau de sincronizare Bloc de încercare Dispozitiv de deconectare Întreruptor sau comutator pachet	 b 101...b 119 b 201...b 219 b 301...b 319 b 401...b 419 b 501...b 519 b 601...b 619 b 701...b 719 b 801...b 819 b 901...b 919
c) Contactoare utilizate în circuitele primare	Contactoare de putere	1... Cn
d) Contactoare auxiliare (utilizate în circuitele secundare)	Releu intermediar, contactor (releu) de comandă : — pentru protecție — automatizare — pentru comandă — control Releu de timp Releu de pîlpîire Releu polarizat Releu pentru controlul izolației c.c. Releu de semnalizare fără clapetă	 d 101...d 139 d 140...d 199 d 201...d 299 d 301...d 309 d 401...d 409 d 501...d 509 d 601...d 629
e) Dispozitive de protecție	Siguranță pe cărucior (la celule prefabr.) Alte siguranțe Releu de curent Releu de tensiune Releu diferențial Releu de putere Releu de distanță Releu de frecvență Releu Buchholz Releu termic Manometru cu contacte	e 011...e 019 e 101...e 199 e 201...e 299 e 301...e 399 e 401...e 499 e 501...e 599 e 601...e 699 e 701...e 799 e 801...e 899 e 901...e 949 e 951...e 999
f) Transformatoare de măsură	Transformator de curent Transformator de tensiune Transformator intermediar Convertor de măsură Traductor de măsură	f 101...f 199 f 201...f 299 f 301...f 399 f 401...f 499 f 501...f 599 f 601...f 699

1	2	3
g) Aparate de măsurat pentru mărimi electrice	Ampermetru	g 101...g 109
	Voltmetru	g 201...g 209
	Wattmetru	g 301...g 309
	Varmetru	g 401...g 409
	Contor de energie activă, ceas contorizat	g 501...g 509
	Contor de energie reactivă	g 601...g 609
	Logometru	g 701...g 709
	Locator de defecte	g 801...g 809
	Osciloperturbograf	g 901...g 909
h) Avertizoare luminoase și acustice	Lampă în general	h 101...h 199
	Lampă de semnalizare, casetă de semnalizare	h 201...h 299
	Indicator de poziție	h 301...h 399
	Releu clapetă	h 401...h 499
	Simbol luminos	h 501...h 599
	Sonerie	h 601...h 699
	Hupă	h 701...h 799
i) Condensatoare și bobine	Condensator	k 101...k 109
	Bobină de reactanță	k 201...k 209
	Bobină de compensare	k 301...k 309
	Bobină de filtraj	k 401...k 409
	Bobină de înaltă frecvență	k 501...k 599
	Filtru de cuplaj	k 601...k 609
	Bobină pentru legarea la pămînt a statorului	k 701...k 709
m) Mașini, transformatoare	Generator	m 101...m 109
	Motor	m 201...m 209
	Convertizor	m 301...m 309
	Tahogenerator	m 401...m 409
	Transformator	m 501...m 509
	Compensator rotativ	m 601...m 609

Tabelul 4.6.4 (continuare)

1	2	3
n) Acumulatoare, redresoare, baterii, accesorii	Acumulator Element galvanic Redresor Invertor, ondulor	n 101...n 109 n 201...n 209 n 301...n 309 n 401...n 409
p) Elemente electronice amplificatoare	Tub electric Semiconductor Amplificator electronic Amplificator magnetic	p 101...p 109 p 201...p 299 p 301...p 399 p 401...p 499
r) Rezistoare	Rezistență în general Rezistență de încălzire Divizor de tensiune Potențiometru Rezistență sau reostat de pornire, de frînare, de excitație Șunt	r 101...r 199 r 201...r 299 r 301...r 399 r 401...r 409 r 501...r 509 r 601...r 609 r 701...r 709
s) Alte dispozitive de acționare	Bobină de anclanșare pe dispozitivul de acționare (poate fi marcată de asemenea cu simbolul aparatului primar) Idem de declanșare Limitator de cursă la servomotor Electro-ventil Dispozitiv de blocaj Electromagnet de ridicare etc. Cuplaj sau frînă magnetică Servomotor	s 01, s 02, s 03 s 04, s 05, s 06 s 07, s 08, s 09 s 101...s 109 s 201...s 209 s 301...s 309 s 401...s 409 s 501...s 509
u) Dispozitive complexe	Releu de teledeclanșare Aparat de sincronizare Regulator de tensiune, de frecvență, de turație etc.	u 101...u 109 u 201...u 209 u 301...u 309

Tabelul 4.6.5

Marcarea baretelor de curent continuu și alternativ

Nr. crt.	Denumirea sau funcțiunea baretelor	Simbolul	Marcarea conductoarelor racordate (eventual)	Culoarea baretei
	a. CURENT CONTINUU			
1	Alimentare circuite de comandă, automatizare, protecție, reglaj	+BC, +1 BC	1, 101, 201, 301, 401, 701, 801, 901	Verde
		—BC, —1 BC	2, 102, 202, 302, 402, 702, 802, 902	
2	Alimentare circuite de semnalizare precum și acționări separatoare	+BS, +1 BS	501, 1 101, 1 201 . . . 7 901	Maro
		—BS, —1 BS	502, 602, 1 102 1 202 . . . 7 902	
3	Pîlpîire	BPL, 1 BPL	503, 603	Maro cu inele galbene
4	Semnalizare acustică a declanșării de avarie	BSA	504	Maro
5	Semnalizare preventivă netemporizată	1 BSP, 2 BSP	505, 506	Maro
6	Semnalizare preventivă temporizată	3 BSP, 4 BSP	507, 508	Maro
7	Semnalizări optice (de la protecție)	5 BSP, 6 BSP	509, 510	Maro
8	Semnalizare clapetă neridicată	BCN, 1 BCN	513 . . . 515	Violet cu inele galbene
9	Aprinderea schemei sau încercarea lămpilor	BIL	519	Maro cu unele verzi
10	Alimentare semnalizări în celule (+ de la semnalizări generale)	BSC	601	Maro
	b. CURENT ALTERNATIV			
1	Măsura tensiunii (neutrul trafo tensiune legat la pămînt)	BT-N	N 200	Maro cu inele roșii
2	Sincronizare: sistemul de referință	1 BS 1	S 800	Verde cu inele galbene
3	Sincronizare: sistemul de conectat	2 BS 1	S 900	
4	Alimentare motoare aparate înregistratoare	BA-R, BA-N	R 700, N 700	Verde cu inele roșii
5	Alimentări diverse	BA-R . . .	R, 1 . . ., S 1 . . ., N 1, . . .	Verde cu inele roșii

Capitolul 5

INSTALAŢII AUXILIARE ŞI UTILITĂŢI

5.1. INSTALAŢII AUXILIARE DE CURENT ALTERNATIV

5.1.1. CONSIDERAŢII GENERALE. SOLUŢII DE ALIMENTARE

Instalaţiile auxiliare (proprii sau interne) de curent alternativ dintr-o staţie electrică cuprind totalitatea instalaţiilor electrice care asigură alimentarea cu energie electrică în c.a. a circuitelor secundare, a instalaţiilor şi dispozitivelor de automatizare şi reglaj, a celor de acţionare precum şi a instalaţiilor anexe de iluminat şi forţă pentru producerea aerului comprimat, de redresare, pentru încălzit.

Tensiunea de alimentare a receptoarelor este de 380/220 V, 50 Hz, denumită convenţional 0,4 kV, cu excepţia cazurilor în care pentru respectarea normelor de protecţia muncii este necesară folosirea unor tensiuni mai mici, de regulă, 24 sau 12 V. Instalaţiile cu tensiuni nominale de 0,4 kV funcţionează cu neutrul legat direct la pămînt.

Receptoarele instalaţiilor (serviciilor) auxiliare se clasifică după cum urmează :

(1) Receptoare care permit întreruperea alimentării numai pe o durată scurtă de timp, cîteva minute, ca de exemplu :

— instalaţiile de răcire ale transformatoarelor şi autotransformatoarelor ;

— instalaţia de ventilaţie mecanică a bateriilor de acumulatoare, dacă ea trebuie să funcţioneze continuu ;

— rezistenţa de încălzire pentru pornirea grupului electrogen.

(2) Receptoare care admit întreruperea tensiunii de alimentare pe o durată mai lungă decît cele din categoria precedentă, funcţionarea lor trebuind totuşi asigurată chiar în cazul unei avarii în circuitele de ali-

mentare ale instalației de distribuție principale a serviciilor proprii. Aceste receptoare se împart în două grupe:

Receptoare a căror alimentare urmează a fi preluată de sursa de alimentare de siguranță, ca de exemplu:

— dispozitivele de acționare ale întreruptoarelor;
— instalațiile de reglaj la transformatoare;
— instalațiile de stingere a incendiilor;
— echipamentele de telecomunicații;
— instalația de iluminat în camera de comandă;
— agregate de încărcare;
— instalațiile de iluminat din încăperea grupului electrogen.

Celelalte receptoare din categoria (2), de exemplu:

— instalațiile de iluminat bloc comandă, cabine relee;
— instalațiile de încălzit electric pentru asigurarea microclimatului necesar echipamentelor de categoria (1) și (2).

(3) Receptoare care permit întreruperea funcționării pe toată durata unei avarii în circuitele de alimentare ale serviciilor proprii, ca de exemplu:

— dispozitivele de acționare ale separatoarelor;
— instalațiile de iluminat în stații de medie și înaltă tensiune;
— prizele pentru conectarea lămpilor de iluminat portative în punctele mai puțin importante ale instalațiilor;
— instalațiile pentru alimentare, iluminat și forță;
— instalația de centrifugare a uleiului (șarplex);
— instalațiile de ridicat;
— diverse.

Părțile componente ale instalației auxiliare de curent alternativ sînt următoarele:

— Instalația de distribuție principală, care cuprinde barele colectoare ale serviciilor auxiliare de 0,4 kV, alimentate direct de la sursele de alimentare, precum și căile de alimentare respective.

— Instalația de distribuție secundară, care cuprinde întreaga rețea de distribuție, alimentată de la instalația de distribuție principală.

— Calea de alimentare, care cuprinde totalitatea elementelor înseriate între sursă și punctul care trebuie alimentat (bare de distribuție sau receptor).

— Sursa de alimentare a instalațiilor auxiliare, care cuprinde elementele de la care se face alimentarea instalației de distribuție principală, ca de exemplu: transformatoare de servicii proprii, înfășurări terțiare ale (auto)transformatoarelor, bare colectoare, linii electrice, grupuri electrogene.

Sursele de alimentare sînt de următoarele feluri:

— Surse de alimentare normală, servesc pentru alimentarea receptoarelor în regim normal de funcţionare al schemei de alimentare, fiind în permanenţă sub tensiune şi racordate la instalaţia de distribuţie principală. Într-o instalaţie auxiliară de curent alternativ pot exista una sau două surse normale funcţionînd concomitent.

— Sursa de alimentare de rezervă este o sursă care, în regim normal, nu participă la alimentarea receptoarelor dar poate înlocui voit sau automat sursa normală. Sursa de rezervă poate prelua alimentarea integrală sau a unei părţi din consumatori.

— Sursa de alimentare de siguanţă este o sursă care, în cazul scoaterii din funcţiune a surselor normală şi de rezervă, preia alimentarea unei părţi a receptoarelor pentru care trebuie realizată o siguranţă deosebită a alimentării.

Alimentarea consumatorilor (receptoarelor) de la instalaţia de distribuţie principală pînă la tabloul cel mai apropiat de receptoare se realizează după cum urmează:

— Receptoarele de categoria (1) vor avea dublă alimentare de la două secţii de bare ale instalaţiei de distribuţie principală.

La receptoarele de categoria (2) se va adopta una din variantele în urma unui calcul tehnico-economic:

— dublă alimentare în aceleaşi condiţii ca receptoarele din categoria (1);

— alimentarea în buclă de la două secţii de bare ale instalaţiei de distribuţie principală;

— două sau mai multe bucle alimentînd fiecare un număr mai restrîns de tablouri de distribuţie.

Receptoarele de categoria (3) au, de regulă, simplă alimentare.

Instalaţia de distribuţie principală se alimentează după cum urmează:

— În cazul existenţei a două surse de alimentare normale, sau una normală şi una de rezervă, instalaţia de distribuţie principală cuprinde un sistem simplu de bare secţionat, fiecare sursă fiind racordată la una din secţii.

Dacă cele două surse sînt normale, ele se conectează în permanenţă la cele două secţii de bare.

Dacă una din surse este normală şi una este de rezervă, numai sursa normală va fi conectată permanent la secţia de bare respectivă.

Instalaţia de distribuţie poate cuprinde numai un sistem nesecţionat de bare. În acest caz, chiar în cazul existenţei a două surse de alimentare, numai una este conectată permanent.

În cazul existenței și a celei de a treia surse de alimentare, de siguranță, aceasta nu este conectată permanent la secțiile de bare, avînd posibilitatea de preluare a unei părți din receptoare.

În cazul existenței unei singure surse de alimentare, instalația de distribuție cuprinde un sistem simplu de bare.

5.1.2. SCHEME DE INSTALAȚII AUXILIARE DE CURENT ALTERNATIV

Schema electrică de principiu a unei instalații auxiliare de curent alternativ pentru o stație de transformare 110/M.T. kV este reprezentată în fig. 5.1.1. Ea cuprinde două secții de bare colectoare principale, pe care debitează cele două surse normale. Sursa de siguranță poate fi racordată la oricare din cele două secții de bare.

Alimentările care pleacă de la barele colectoare principale sînt duble. Racordarea fiecărui receptor la tabloul de distribuție cel mai apropiat în amonte este radială.

În vederea limitării curenților de scurtcircuit pe barele 0,4 kV, cele două secții de bare funcționează separat.

5.1.3. EXPLOATAREA ȘI ÎNTREȚINEREA INSTALAȚIILOR AUXILIARE DE CURENT ALTERNATIV

La preluarea în exploatare se vor executa următoarele lucrări:

— urmărirea respectării prevederilor proiectului de execuție;

— verificarea integrității corpurilor de siguranță și dotarea lor cu fuzibile conform proiectului;

— verificarea conductoarelor din spatele tablourilor;

— verificarea stringerii conexiunilor conductoarelor și montarea papucilor la conductoare;

— verificarea inscripționării denumirii circuitului și dimensionarea fuzibilului în dreptul fiecărui circuit;

— urmărirea fixării și funcționării corecte a întreruptoarelor și prizelor;

— conductorul de fază să fie legat la contactul din fund al siguranțelor cu filet sau duliilor;

— se va verifica conectarea și deconectarea corectă a întreruptoarelor;

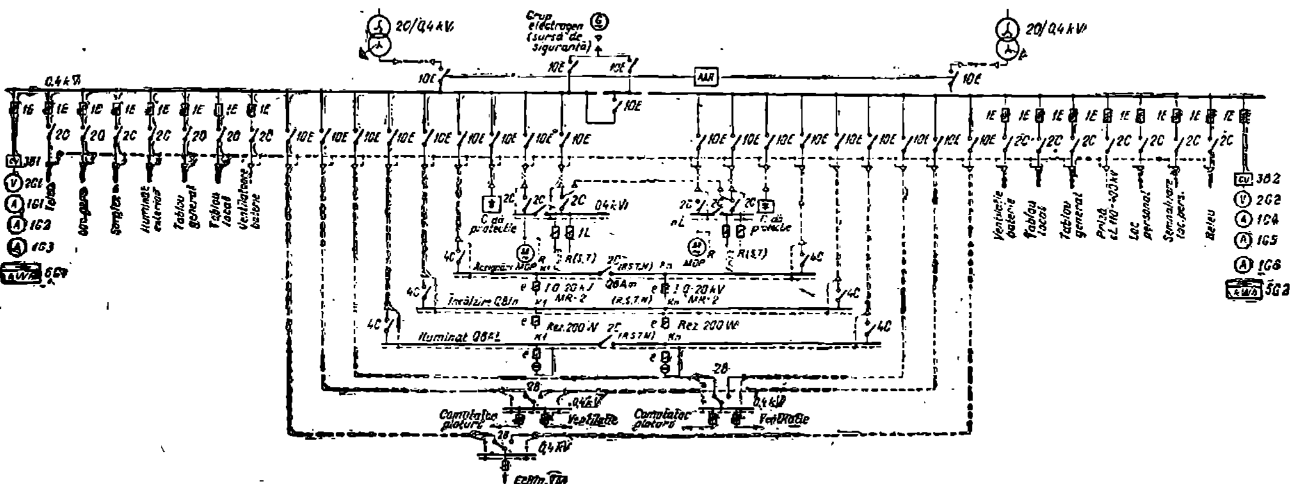


Fig. 5.1.1. Schema electrică a unei instalaţii pentru servicii auxiliare de curent alternativ:

3 B 1, 3 B 2 — comutator pentru măsurarea tensiunii; **1 G 1 ... 1 G 6** — ampermetru electromagnetic; **2 G 1, 2 G 2** — voltmetru electromagnetic; **5 G 1, 5 G 2** — contor trifazat de energie activă; **2 C** — întreruptor pachet tripolar; **1 E** — siguranţă fuzibilă; **10 E** — întreruptor automat tip USOL; **4 C** — întreruptor pîrghie; **2 B** — comutator cu came; **e** — siguranţă fuzibilă.

— verificarea rezistenței de izolație a fiecărui circuit pe toată porțiunea, care trebuie să fie de minimum 0,5 MΩ.

În timpul exploatării se vor executa următoarele operații:

— controlul funcționării iluminatului și prizelor din toată stația interioară și exterioară;

— controlul integrității corpurilor de iluminat;

— controlul funcționării iluminatului de siguranță;

— controlul funcționării transformatoarelor pentru iluminatul de 24 V sau 12 V din subsoluri și poduri de cabluri;

— înlocuirea fuzibilelor arse;

— înlocuirea duliilor defecte, globuri sparte, lămpilor deteriorate;

— refacerea inscripționării circuitelor și a siguranțelor;

— curățirea nișelor și cofretelor în care se află tablourile de distribuție;

— verificarea legăturilor la întreruptoare, comutatoare, prize etc.

Pentru a se asigura funcționarea corespunzătoare a instalațiilor auxiliare de curent alternativ, este necesar să se ia măsuri de remediere a defecțiunilor ce apar accidental.

În tabelul 5.1.1 se prezintă principalele deranjamente și modul lor de remediere.

Tabelul 5.1.1.

Modul de acționare al personalului de exploatare la defecțiuni constatate la instalațiile auxiliare de curent alternativ

Nr. crt.	Defecțiunea constatată	Modul de acționare al personalului de exploatare
1	Arderea unei siguranțe fuzibile de pe circuitul de alimentare din cauza unui scurtcircuit pe circuitul de alimentare	— Se desfac ramificațiile din doze, la fiecare lampă și se depistează porțiunea defectă
2	Idem, din cauza unui scurtcircuit într-o dulie	— Se înlocuiește dulia respectivă
3	Declanșează un întreruptor sau contactor	— Se verifică circuitul din aval de întreruptor sau contactor
4	Stingerea unei lămpi din stația exterioară	— Verificarea lămpii și a siguranței din cutia de ramificații a lămpii
5	Stingerea unei lămpi din stația interioară	— Idem
6	Blocarea unui întreruptor sau contactor	— Remedierea defecțiunii

5.2. INSTALAŢII AUXILIARE DE CURENT CONTINUU

5.2.1. CONSIDERAŢII GENERALE

Instalaţiile auxiliare de curent continuu din staţiile electrice şi posturile de transformare, constituite de regulă din baterii de acumulatoare, surse de alimentare şi panouri de servicii interne de curent continuu, asigură alimentarea următoarelor categorii de receptoare:

a) receptoare electrice a căror alimentare trebuie să fie asigurată în timpul dispariţiei tensiunii alternative a serviciilor proprii;

b) receptoare electrice a căror alimentare nu trebuie să fie întreruptă nici un moment;

c) receptoare electrice cu consumuri mari şi de scurtă durată, care nu suportă variaţiile de tensiune ce se produc dacă alimentarea lor se face exclusiv prin redresoare sau convertizoare.

În cazuri excepţionale, bine justificate, se admit şi alte soluţii pentru alimentarea anumitor receptoare de curent continuu, în afara bateriilor de acumulatoare (de exemplu, baterii de condensatoare). În această situaţie sînt instalaţiile de protecţie, comandă şi semnalizare de la posturile de transformare la care sînt instalate dispozitivele de alimentare în curent continuu, tip BACC, fabricaţie ICEMENERG.

În cadrul instalaţiilor auxiliare de curent continuu din staţii şi posturi de transformare sînt folosite de regulă următoarele tensiuni: 24, 48, 110 şi 220 V cc.

Alte tensiuni nominale, ca de exemplu 60 V c.c., se folosesc în cazuri speciale, atunci cînd echipamentul este asigurat din import.

La staţiile electrice importante de înaltă tensiune se foloseşte în general tensiunea de 220 V c.c., avînd în vedere consumul important şi căderile de tensiune în conductoare.

Schema electrică de distribuţie a serviciilor proprii de curent continuu este simplă, clară şi permite alimentarea fără întreruperi a consumatorilor care impun această condiţie, atît în exploatare curentă, cît şi în timpul scoaterii de sub tensiune a oricărei părţi a instalaţiei, în vederea reviziilor sau a reparaţiilor.

Sursele de alimentare a panourilor de servicii interne de curent continuu sînt compuse, de regulă, dintr-o baterie de acumulatoare şi două redresoare de încărcare racordate fiecare la cîte o secţie de bare.

La staţiile electrice de înaltă tensiune foarte importante, sau cu o întindere mare, sînt montate două baterii de acumulatoare, care se pot rezerva reciproc.

În anumite stații sînt instalate și baterii de acumulatoare suplimentare, cu tensiuni nominale diferite, pentru alimentarea instalațiilor de curenți slabi, de telemecanică, protecția de rezervă a barelor de medie tensiune ș.a.

Ca schemă de alimentare în curent continuu a consumatorilor se întîlnesc în stații următoarele soluții (fig. 5.2.1):

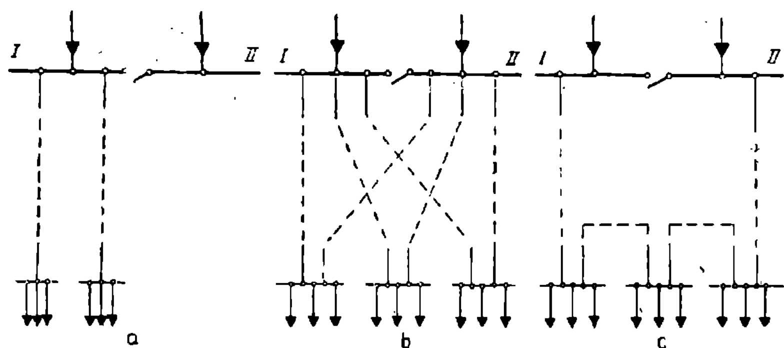


Fig. 5.2.1. Scheme de principiu ale alimentării consumatorilor de curent continuu:

a — alimentare radială; *b* — alimentare dublă; *c* — almentare în buclă; *I* — sistem de bare colectoare de lucru; *II* — sistem de bare colectoare de rezervă.

— *alimentarea radială*, care are avantajul de a fi clară și economică, dar are dezavantajul că nu oferă nici o rezervă, motiv pentru care este folosită la consumatorii de mică importanță sau care admit întreruperi în alimentare;

— *alimentarea dublă* — mai scumpă, dar oferind o mare siguranță, motiv pentru care este folosită la consumatorii foarte importanți sau care nu admit întreruperi;

— *alimentarea în buclă* — reprezentînd un compromis între cele două soluții de mai sus.

În cazul în care în stație sînt montate două baterii de acumulatoare, în general, nu se admite punerea lor în paralel decît pentru scurt timp, în vederea unor operații de comutare fără întreruperea alimentării anumitor consumatori.

Baterii de acumulatoare. În privința tipului acumulatoarelor, în stații și posturi de transformare pot fi întîlnite acumulatoare acide (cu plăci de plumb fig. 5.2.2) și acumulatoare alcaline. Cele mai răspîndite sînt acumulatoarele acide, și anume cele de tip staționar, care au un randament mai mare decît acumulatoarele alcaline, necesită un număr de

elemente mai redus, avînd o tensiune mai ridicată pe element, cu o variație relativă a tensiunii la încărcare și descărcare mai mică și un cost mult mai redus.

Capacitatea acumulatorului reprezintă cantitatea de electricitate (în amperore) pe care o poate debita un acumulator încărcat, dacă este

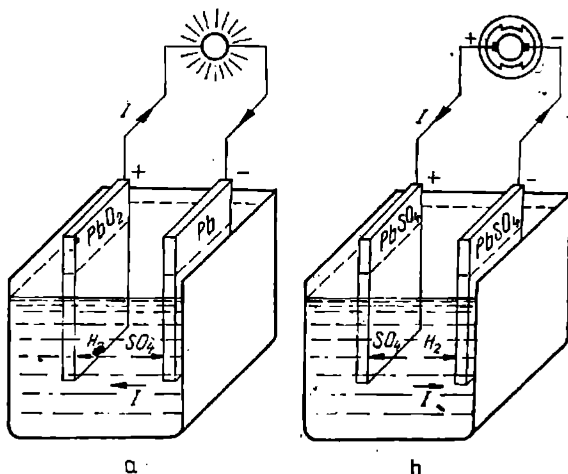


Fig. 5.2.2. Acumulator cu plăci de plumb :
a — în timpul descărcării ; *b* — în timpul încărcării.

descărcat pînă la tensiunea minimă admisă. Aceasta depinde de curentul de descărcare (deci de timpul cît durează descărcarea), fiind cu atît mai mică cu cît curentul de descărcare este mai mare (deci timpul de descărcare este mai mic). În acest sens, acumulatoarele cu plăci de plumb construite în țara noastră sînt de două tipuri :

— tip L, pentru durate de descărcare de 3—10 h ;
— tip Ls, pentru durate de descărcare de 1—2 h.

În afara acestor litere, simbolul acumulatoarelor cuprinde un număr, care rezultă prin împărțirea la 36 a capacității acumulatorului în regim de descărcare de 10 h. În țara noastră se fabrică mai multe tipuri de acumulatoare, cu capacități de descărcare variind între 36 și 4464 Ah (deci curenții lor de descărcare în regim de 10 h variind între 3,6 și 446 A).

Pentru obținerea tensiunii necesare în serviciile interne ale stațiilor și posturilor de transformare (de obicei între 24 și 220 V), acumulatoarele se leagă în serie, iar pentru obținerea unui curent mai mare ele se leagă în paralel, constituindu-se baterii de acumulatoare. În circuitul bateriei se instalează un comutator , cu ajutorul căruia în

timpul încărcării și al descărcării se scoate, respectiv se introduce în circuit un număr de acumulatoare, menținîndu-se astfel tensiunea constantă.

Acumulatoarele alcaline cele mai mult utilizate sînt cele cu fier-nichel și cu cadmiu-nichel.

Tensiunea acumulatorului încărcat este de circa 1,3 V, el putind fi descărcat pînă la circa 1 V. Capacitatea acumulatoarelor alcaline depinde foarte puțin de curentul de descărcare, în schimb ea scade odată cu temperatura.

Sursele de încărcare a bateriilor de acumulatoare din stații electrice și posturile de transformare sînt formate din convertizoare rotative, sau redresoare statice.

Grupurile convertizoare sînt alcătuite dintr-un motor asincron trifazat, alimentat de la barele serviciilor interne și dintr-un generator de curent continuu cu excitația în derivație. Tensiunea generatorului poate fi variată între limite largi, cu ajutorul unui reostat legat în circuitul său de excitație. Generatorul este prevăzut cu o protecție maximală de curent și cu o protecție direcționată, pentru a nu fi alimentat de baterie, în cazul cînd tensiunea la bornele sale scade dintr-un motiv oarecare. Convertizoarele rotative datorită uzurii și întreținerii mai complicate sînt înlocuite în prezent cu convertizoarele statice pe bază de redresoare.

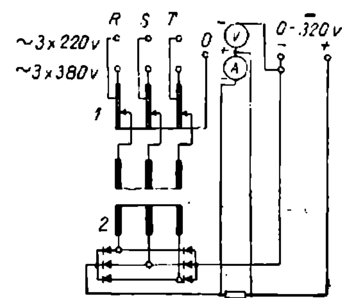


Fig. 5.2.3. Redresor pentru încadrarea bateriilor de acumulatoare.

Redresoarele se pot folosi pentru încărcarea bateriilor de acumulatoare, în special ca surse de încărcare permanentă în funcționare continuă.

Ca redresoare statice se preferă cele cu semiconductoare (siliciu sau seleniu), care sînt mult mai simple decît cele cu vapori de mercur. Redresoarele cu seleniu, deși au un randament mai redus, sînt utilizate pentru cazul puterilor mici, de ordinul kilovaților, pentru că sînt mai puțin sensibile la supratensiuni și suprasarcini.

Deoarece densitatea de curent admisă la redresoarele cu seleniu este de 0,2—0,3 A/cm², iar tensiunea suportată de un element este de 16—18 V, se realizează un montaj cu mai multe elemente legate în serie și în paralel. În fig. 5.2.3 se prezintă schema unui astfel de redresor. Autotransformatorul *1* are rolul de a regla tensiunea, prin variația numărului de spire. Transformatorul *2* transformă tensiunea rețelei de curent alternativ pînă la valoarea corespunzătoare tensiunii redresate

şi asigură separaţia între reţeaua de curent alternativ şi cea de curent continuu.

Reţelele de servicii proprii în curent continuu ale staţiilor electrice sînt în general complet izolate faţă de pămînt. Aparatele de comutare şi de protecţie se montează pe ambele conductoare ale circuitelor. Protecţia circuitelor se realizează, de regulă, prin siguranţe fuzibile sau automate de protecţie cu funcţionare sigură.

În reţelele de servicii proprii în curent continuu se măsoară tensiunea pe fiecare sistem de bare colectoare, la bornele bateriei şi pe fiecare secţie, precum şi la bornele surselor de încărcare.

Curentul se măsoară în circuitul bateriei, în circuitul fiecărei surse de încărcare şi în toate circuitele în care este necesar controlul sistematic al regimului de lucru. În circuitul bateriei se montează de obicei un ampermetru suplimentar, cu un domeniu de măsurare redus, pentru măsurarea exactă a curentului de încărcare permanentă, şi care se introduce în circuit numai în momentul citirii. Ampermetrele montate în circuitul bateriei trebuie să fie cu zero la mijlocul scării.

În toate punctele principale ale reţelei de curent continuu, cum sînt barele colectoare generale, tablourile intermediare şi consumatorii importanţi, se face supravegherea prezenţei tensiunii. De asemenea, este semnalizată arderea siguranţelor sau declanşarea întreruptoarelor automate, cel puţin în circuitele principale.

În reţelele de servicii proprii în curent continuu, care funcţionează izolat faţă de pămînt, există pericolul ca o dublă punere la pămînt accidentală să provoace o comandă nedorită sau alte neajunsuri. În fig. 5.2.4 este indicat modul în care o dublă punere la pămînt poate să conducă la acţionarea nedorită a unui releu. Pentru a se evita astfel de situaţii, este necesar să se ia măsuri de remediere imediată, la apariţia primei puneri la pămînt. În acest scop, este realizată semnalizarea optică şi acustică a punerilor la pămînt şi măsurarea periodică a rezistenţei de izolaţie faţă de pămînt.

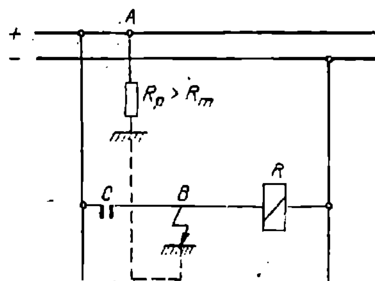


Fig. 5.2.4. Acţionarea nedorită a unui releu în urma unei duble puneri la pămînt:

R — releu; C — contact de acţionare a releului; A — prima punere la pămînt (parţială); B — a doua punere la pămînt (netă); R_p — rezistenţa primei puneri la pămînt; R_m — rezistenţa limită la care punerea la pămînt devine periculoasă.

Bateriile de acumulatoare se instalează în încăperi special destinate acestui scop, de regulă cu intrarea printr-o antecameră. În aceeaşi încăpere se pot instala mai multe baterii de acelaşi tip (acide sau alcaline). Camerele în care se instalează baterii de acumulatoare trebuie să aibă

înălţimea minimă de 2,1 m, pentru a se asigura o deservire comodă, şi trebuie asigurate contra pătrunderii corpurilor străine, a prafului, a impurităţilor şi a gazelor agresive. Pereţii, planşeele şi pardoselile vor fi din materiale incombustibile şi rezistente la umezeală şi electroliţi. În cazul instalării acumulatoarelor cu plumb, se recomandă vopsirea pereţilor, tavanului, uşilor şi ferestrelor cu vopsea antiacide. Ferestrele situate în bătaia soarelui vor avea geamuri mate. Uşile camerelor de acumulatoare şi ale antecamerelor se vor deschide spre exterior.

Acumulatoarele se montează de regulă pe postamente, simplu sau dublu parter şi simplu sau dublu etaj, cu coridor de 0,8—1 m între şiruri şi se consolidează antiseismic. Elementele fiecărei baterii trebuie numerotate.

Deoarece camerele acumulatoarelor, camera tampon şi depozitul de electrolit sînt încăperi umede şi cu mediu corosiv, iar din punct de vedere al pericolului de electrocutare sînt încăperi foarte periculoase, instalaţiile electrice vor fi de tip antiexploziv, întreruptoarele, prizele şi alte elemente care produc arcuri electrice nu vor fi montate în aceste încăperi, iar corpurile de iluminat se vor plasa deasupra culoarelor.

Pentru a se asigura o temperatură minimă de +10°C, în aceste încăperi se vor prevede instalaţii de încălzire. Cu ajutorul acestora însă, nu se va depăşi temperatura de +25°C. Corpurile de încălzire vor fi rezistente la umiditate şi electroliţi, temperatura lor superficială nu va depăşi +200°C, iar distanţa pînă la vasele acumulatoarelor nu va fi mai mică de 0,75 m. În cazul încălzirii cu radiatoare utilizînd aburul sau apa, acestea vor fi integral sudate, iar flanşele, mufele şi organele de închidere şi reglaj se vor amplasa în afara camerei acumulatoarelor.

Camerele de acumulatoare trebuie să fie permanent ventilate. Ventilaţia, fie naturală, fie forţată, va asigura intrarea aerului proaspăt în apropierea pardoselii şi ieşirea în partea opusă intrării, în apropierea plafonului. Ventilaţia forţată se realizează totdeauna în depresiune, şi va fi prevăzută cu un sistem de blocaj care să oprească încărcarea dacă nu funcţionează ventilaţia. Conform normativelor în vigoare, în antecameră trebuie să existe o chiuvetă cu robinet şi un duş flexibil racordate la reţeaua de apă sau la un rezervor care să permită spălarea personalului după atingerea accidentală a electrolitului. De asemenea, sînt necesare inscripţii de avertizare contra intrării sau lucrului cu foc.

5.2.2. EXPLOATAREA INSTALAŢIILOR AUXILIARE DE CURENT CONTINUU

În activitatea de exploatare şi de urmărire a funcţionării instalaţiilor auxiliare de curent continuu din staţiile electrice şi posturile de transformare, o atenţie deosebită se va acorda surselor de curent continuu.

În exploatarea surselor de curent continuu se deosebesc următoarele faze de funcţionare: încărcarea, descărcarea şi repausul (scoatere din serviciu pentru mai multe luni).

În exploatare, bateriile de acumulatoare pot avea următoarele regimuri de funcţionare:

— încărcarea în regim tampon, sau în regim de floating, pentru bateriile de lucru;

— încărcarea permanentă pentru bateriile aflate în rezervă;

— încărcarea-descărcarea;

— descărcarea (normală, de avarie, de întreţinere).

Se face precizarea că şi la bateriile de acumulatoare aflate în rezervă se vor executa încărcarea permanentă (în paralel cu sursa, dar fără sarcină) şi descărcarea de întreţinere.

Funcţionarea bateriilor de acumulatoare în aceste regimuri este următoarea:

a) **în regim tampon**, adică în paralel cu sursa de încărcare şi în sarcină. Bateria se încarcă în permanenţă, consumul normal al receptoarelor fiind asigurat de sursa de încărcare; bateria debitează energie numai în perioadele de creştere accidentală a consumului peste capacitatea sursei de încărcare.

Curentul de sarcină de lungă durată se va determina prin măsurători.

Alegerea unei valori a tensiunii de încărcare în regim tampon depinde de natura receptoarelor şi aceasta trebuie să asigure compensarea descărcării bateriei în timpul funcţionării anumitor receptoare. Se recomandă ca, în acest regim, tensiunea de încărcare (tensiunea redresorului) să fie astfel reglată, încît pe elementul de baterie să existe 2,15—2,20 V/element. Tensiunea de încărcare în regimul tampon nu are valoare fixă, ea depinde de fenomenele ce se observă la baterie. Dacă nivelul electrolitului scade în timp prea repede, tensiunea se reduce prin reglaj. Dacă densitatea electrolitului scade în timp, tensiunea trebuie mărită prin regaj.

b) **în regim de floating**, adică în paralel cu sursa de încărcare şi în sarcină. Deosebirea faţă de regimul tampon constă în aceea că sursa de încărcare este complet automatizată şi menţine tensiunea constantă în anumite limite impuse ($\pm 1\%$ U reglaj redresor) indiferent de varia-

ţiile tensiunii alternative de alimentare, ale frecvenţei reţelei şi ale sarcinii.

Funcţionarea în acest regim se execută în conformitate cu indicaţiile furnizorului instalaţiilor în cauză şi a celor de proiect. Tensiunea pe element în acest regim va avea valorile cuprinse între 2,15—2,25 V/element ;

c) **în regim de încărcare-descărcare**, adică în paralel numai cu sarcina în faza de descărcare. Reîncărcarea periodică se execută cu sau fără menţinerea sarcinii, în funcţie de destinaţia bateriei de acumulatoare. Funcţionarea în regim de încărcare-descărcare este caracteristică, în general, bateriilor de acumulatoare mici, pînă la 48 Vcc şi de importanţă mai redusă sau dimensionate special pentru un astfel de regim de funcţionare.

Încărcarea bateriilor de acumulatoare se execută în exploatare în mod permanent (încărcarea în tampon şi floating) şi periodic (încărcarea ocazională, încărcarea completă, încărcarea de egalizare).

— Încărcarea ocazională se execută după descărcări pronunţate în funcţionare. Tensiunea finală de încărcare pe element va fi de 2,25—2,4 V pentru regimul floating şi de 2,5—2,7 V la regimul tampon. Încărcările ocazionale de exploatare şi întreţinere a bateriilor de acumulatoare au ca scop refacerea capacităţii.

— Încărcarea completă este compusă dintr-o încărcare normală şi o încărcare de omogenizare a stării plăcilor şi elementelor. Încărcarea de omogenizare constă în continuarea încărcării normale, pînă cînd toate elementele bateriei manifestă semne de sfîrşit de încărcare.

— Încărcarea de egalizare este o operaţie specială şi constă dintr-o încărcare completă, continuată după apariţia semnelor de sfîrşit de încărcare, în scopul restabilirii integrale a maselor active în toate plăcile elementelor.

Sînt supuse unei astfel de încărcări :
— bateriile la care s-au executat remedieri de elemente ;
— bateriile exploatate în regim de încărcare-descărcare ;
— bateriile aflate în rezervă, în regim de încărcare permanentă ;
— bateriile scoase din serviciu pentru mai multe luni, la repunerea în serviciu.

La încărcarea de egalizare, tensiunea finală pe element va fi de 2,75 V, dacă nu sînt alte indicaţii ale întreprinderii furnizoare de acumulatoare.

Descărcarea bateriilor de acumulatoare poate avea loc în exploatare : periodic (descărcarea normală şi descărcarea de întreţinere) şi ocazional (descărcarea de avarie).

— D e s c ă r c a r e a n o r m a l ă este acea descărcare care se produce la bateriile utilizate în regim de încărcare-descărcare.

— D e s c ă r c a r e a d e î n t r e ţ i n e r e (a n t r e n a m e n t) a bateriilor de acumulatoare este o descărcare forţată pe o sarcină controlată şi este urmată întotdeauna în exploatare de o încărcare completă. Ea se execută periodic în exploatare. Descărcarea de antrenament are ca scop aducerea tuturor elementelor în aceeaşi stare de descărcare şi contribuie la menţinerea capacităţii în limite normale.

Descărcarea de întreţinere se va face cu curentul corespunzător duratei de descărcare de 10 ore pentru bateriile aflate în rezervă sau trecute în rezervă, pînă cînd tensiunea va avea valoarea 1,93 V/element.

În instalaţiile care nu dispun de baterie (sursă) de rezervă, se va deconecta redresorul şi bateria va fi lăsată să alimenteze singură receptoarele, pînă cînd tensiunea va fi de 1,93 V/element.

— D e s c ă r c a r e a d e a v a r i e este acea descărcare care se produce în timpul incidentelor care provoacă dispariţia tensiunii alternative la serviciile proprii, în cazul bateriilor funcţionînd în regimul tampon sau floating.

În timpul descărcărilor de avarie ale bateriilor de lucru, tensiunea nu trebuie să scadă sub 1,75 V/element, cînd descărcarea durează maximum 2 ore şi, respectiv, 1,8 V/element, cînd durata descărcării depăşeşte 2 ore.

Personalul de exploatare va acorda o atenţie deosebită întreruptorului cu contact auxiliar sau siguranţelor, controlate cu dispozitive speciale, care asigură protecţia bateriei. La apariţia semnalizării declanşării acestui întreruptor sau a arderii siguranţelor respective, se vor lua imediat măsuri de înlăturare a cauzelor şi revenire la schema iniţială, pentru a se evita alimentarea serviciilor interne de curent continuu numai prin redresoare. De altfel, această funcţionare este interzisă chiar pentru scurt timp.

Instalaţia pentru controlul arderii siguranţelor de pe redresoare, ca şi aparatele care controlează rezistenţa de izolaţie, vor fi de asemenea în atenţia personalului de exploatare.

În timpul exploatării surselor de curent continuu, se execută următoarele categorii de lucrări de deservire operativă:

— controale curente periodice;

— lucrări de întreţinere curentă (programate sau neprogramate) pentru remedierea unor mici defecţiuni apărute la bateriile de acumulatoare şi la sursele de încărcare (redresoare).

Cu ocazia *controalelor curente* periodice la bateriile de acumulatoare, se vor controla următoarele:

— curăţenia, ordinea şi aspectul general ale instalaţiilor;

— densitatea și temperatura electrolitului la minimum 5% din elemente, dar cel puțin la trei elemente pentru bateriile cu $U_{nom} \geq 110$ Vcc

— tensiunea la bornele a minimum 5% din elemente (aceleași la care s-a măsurat și densitatea);

— reglajul tensiunii și al curentului de încărcare;

— degajarea gazelor la toate elementele;

— nivelul electrolitului la toate elementele;

— starea elementelor și nivelul depunerilor;

— izolația electrică a părților conductoare;

— temperatura mediului ambiant;

— starea și suficiența dotării bateriei;

— existența corodării îmbinărilor;

— funcționarea și integritatea tuturor instalațiilor și dotărilor din camera bateriei de acumulatoare.

Parametrii principali (tensiunea la borne și densitatea electrolitului), care caracterizează funcționarea fiecărui element în parte a unei baterii de acumulatoare în stare normală, trebuie să fie egali sau cît mai apropiați între ei.

Corectarea nivelului electrolitului se va efectua numai prin adăugare de apă distilată pînă la nivelul prescris.

Corectarea densității electrolitului se va executa numai după efectuarea unei încărcări de egalizare și numai după refacerea nivelului electrolitului prin adăugare de apă distilată pînă la nivelul prescris.

În sala de acumulatoare și în încăperile anexă acesteia, se va păstra ordinea și curățenia. Se vor controla vizual etanșeitatea vaselor elementelor, eventualele lor deformări, continuitatea și siguranța legăturilor dintre elementele fixate prin înșurubare (să nu prezinte semne de încălzire și, în general, integritatea și starea de funcționare a tuturor instalațiilor și utilităților din încăperile aferente bateriilor de acumulatoare.

Se va verifica cu atenție dacă toate elementele bateriei de acumulatoare staționare acide sînt acoperite cu plăci de sticlă și dacă acestea nu depășesc gabaritele vaselor pe nici o latură.

Periodic, de regulă, cu ocazia reviziilor tehnice, se va controla nivelul depunerilor. Izolația externă a bateriilor de acumulatoare se va menține prin păstrarea curățeniei vaselor și postamentelor.

În exploatarea redresoarelor, se vor urmări și controla periodic cel puțin următoarele:

— curățenia, ordinea și aspectul general;

— tensiunea rețelei de alimentare;

— curentul debitat de redresoare;

— funcționarea dispozitivelor de automatizare;

— încălzirea în funcționare normală;
— starea redresoarelor;
— temperatura mediului ambiant.

Controlul periodic al redresoarelor se va executa o dată cu controlul periodic al bateriilor de acumulatoare.

Izolația redresoarelor se va păstra în limitele prescrise, în special prin menținerea curățeniei. Periodic, se vor șterge de praf suprafețele exterioare ale redresoarelor, evitîndu-se căderile de praf în interior, prin fantele de aerisire.

Redresoarele se vor feri de umezeală și agenți corosivi.

Tensiunea rețelei de alimentare în curent alternativ se va menține în limitele indicate în instrucțiunile din fabrică ale redresoarelor, evitîndu-se, în special, supravoltarea lor.

Se va evita depășirea curentului nominal redresat, a cărui valoare va fi inscripționată cu o linie roșie pe scala ampermetrului fiecărui redresor. Se va verifica periodic lipsa scurgerilor de ulei, în cazul redresoarelor cu răcire în ulei.

În timpul exploatării surselor de curent continuu se execută o singură categorie de lucrări de întreținere curentă programată, și anume tratamentele periodice de menținere în exploatare.

Bateriile exploatate în regim de încărcare-descărcare, care în timpul descărcărilor normale furnizează mai mult de 50% din capacitatea nominală în regimul de descărcare corespunzător, vor fi supuse unei încărcări de egalizare anual. Cele care în timpul descărcărilor normale furnizează mai puțin de 50% din capacitatea nominală vor fi supuse anual unui ciclu de descărcare de întreținere-încărcare de egalizare.

Bateriile exploatate în regim tampon vor fi supuse semestrial unei descărcări de întreținere (antrenament) urmată de o încărcare completă.

La bateriile acide exploatate în regim de floating, descărcarea și încărcarea de întreținere se va face atunci cînd se constată că tensiunea este sub limitele admise, de 2,15—2,17 V/element, densitatea este sub 1,19 g/cm^3, sau capacitatea a scăzut sub 80% din cea nominală.

În timpul executării tratamentelor de menținere în exploatare, se efectuează următoarele măsurători și aprecieri calitative:

— tensiunile sursei, tensiunea bateriei și tensiunile pe elemente;
— curentul de încărcare;
— duratele parțiale și totale ale operațiilor;
— temperatura și nivelul electrolitului;
— densitatea electrolitului;
— degajările de gaze la fiecare element;
— temperatura mediului ambiant;
— izolația electrică a bateriei și instalațiilor de curent continuu.

Măsurătorile și observațiile se vor efectua asupra tuturor elementelor bateriei. Măsurătorile se vor executa în timpul cel mai scurt posibil, pentru a nu se pierde corelația dintre date.

La sfîrșitul descărcării de antrenament, parametrii principali care caracterizează funcționarea fiecărui element în parte (tensiunea la borne și densitatea electrolitului) trebuie să fie egali sau cît mai apropiați pentru toate elementele.

În faza finală a operațiilor de încărcare de egalizare sau descărcare de antrenament, temperatura electrolitului se va măsura mai frecvent spre a se putea stabili cu suficientă precizie momentul atingerii temperaturii-limită maxim admisibile. La atingerea acestei valori, se va reduce sau chiar se va întrerupe curentul, operația reluîndu-se după ce temperatura electrolitului a scăzut cu cel puțin 5 grade.

Completarea elementelor cu electrolit de densitate normală se va face numai în cazul apariției unor fisuri ale vaselor elementelor sau numai în caz de vărsări accidentale de electrolit. Corectarea densității electrolitului acumulatoarelor acide se va face, în toate cazurile, numai după cercetarea cauzelor abaterii de la valoarea prescrisă și cu certitudinea că:

— acumulatorul a fost bine încărcat în ultima perioadă de utilizare;
— măsurarea densității a fost efectuată la 2—3 ore după încărcarea de egalizare și s-a aplicat corecția de temperatură;
— nivelul electrolitului este corect.

În cazul acumulatoarelor acide, corectarea densității electrolitului se va executa după refacerea nivelului (prin completarea cu apă distilată pînă la nivelul prescris), în conformitate cu indicațiile fabricii constructoare.

Bateriile de acumulatoare exploatate în dulapuri speciale (conform reglementărilor în vigoare) se vor descoperi în timpul tratamentelor pentru menținerea în exploatare, atît pentru măsurători, cît și pentru răcire.

În cazul stațiilor fără personal permanent sau al punctelor de alimentare și posturilor de transformare dotate cu baterii de acumulatoare, se recomandă efectuarea tratamentelor de menținere în exploatare de către personalul care execută revizia tehnică a bateriilor de acumulatoare respective.

Întreținerea bateriilor de acumulatoare se face prin lucrări anuale de revizii tehnice, prin lucrări de reparații curente la o periodicitate de 3 ani și prin lucrări de reparații capitale la o periodicitate de 9 ani.

Dintre sursele de încărcare, redresoarele uscate sînt supuse anual lucrărilor de revizii tehnice, la 5 ani reparațiilor curente și la 15 ani reparațiilor capitale.

La convertizoarele rotative reviziile tehnice se execută la 2 ani, reparațiile curente la 6 ani și reparațiile capitale la 12 ani.

Panourile de servicii interne de curent continuu. Reprezintă ansamblul constituit dintr-un suport metalic, echipat cu aparatele de conectare și măsurare și circuitele aferente prin intermediul cărora se asigură alimentarea consumatorilor proprii cu energie electrică de curent continuu. Sînt destinate să lucreze în încăperile închise ale stațiilor electrice sau ale posturilor de transformare, cu temperatura mediului ambiant între +10°C și +40°C, umiditatea relativă maximă de 80% la 20°C și cu depuneri limitate de praf, lipsite de gaze, vapori și fără pericol de explozie.

În fig. 5.2.5 este prezentată schema electrică monofilară a unui panou de sarcini auxiliare de curent continuu pentru tensiunea de 110—220 Vcc.

Supravegherea și controlul acestor panouri se face de două ori pe schimb, respectiv la preluarea și la mijlocul schimbului pentru stațiile electrice și posturile de transformare exploatate cu personal permanent și de patru ori în 24 ore pentru stațiile electrice exploatate cu personal la domiciliu.

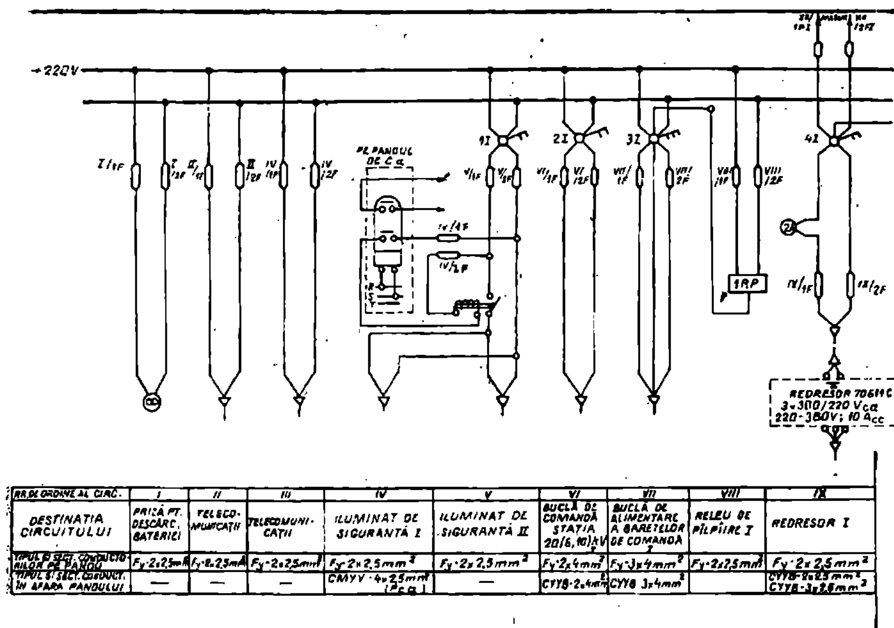
La instalațiile fără personal permanent, periodicitatea se stabilește între două controale pe lună și două controale pe an, în funcție de importanța instalației și a consumatorilor, de starea fizică, de uzura instalațiilor, de încărcarea instalației și de condițiile meteorologice de altitudine, de temperatură și de poluare.

Controlalele în instalațiile fără personal permanent se vor face în perioada sarcinilor maxime.

Lucrările de întreținere și reparații ale panourilor de servicii auxiliare de curent continuu au un caracter preventiv, planificat în vederea prevenirii uzurilor premature, a avariilor și a defecțiunilor. Ele constau din revizii tehnice, care se execută cu o periodicitate de un an, reparații curente, care se execută cu o periodicitate de 6—10 ani și reparații capitale, care se execută cu o periodicitate de 15—20 ani.

5.2.3. DEFECȚIUNI ÎN FUNCȚIONAREA INSTALAȚIILOR AUXILIARE DE CURENT CONTINUU ȘI MODUL DE REMEDIERE

Cu ocazia supravegherii și controlului instalațiilor auxiliare de curent continuu, personalul de deservire operativă constată apariția unor eventuale defecțiuni, stabilește gravitatea lor, remediază defecțiunile ușoare,



NR. DE ORDINE AL CIRC.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
DESTINAȚIA CIRCUITULUI	PRIZĂ PT. DESCĂRC. BATERIEI	TELECOMUNICAȚII	TELECOMUNICAȚII	ILUMINAT DE SIGURANȚĂ I	ILUMINAT DE SIGURANȚĂ II	BUCLĂ DE COMANDĂ STAȚIA 20(6,10) kV I	BUCLĂ DE ALIMENTARE A BARETELOR DE COMANDĂ I	RELEU DE PÎLPÎIRE I	REDRESOR I
TIPUL ȘI SECȚ. CONDUCTOARELOR PE PANOU	Fy·2×2,5 mm²	Fy·2×2,5 mm²	Fy·2×2,5 mm²	Fy·2×2,5 mm²	Fy·2×2,5 mm²	Fy·2×4 mm²	Fy·3×4 mm²	Fy·2×2,5 mm²	Fy·2×2,5 mm²
TIPUL ȘI SECȚ. CONDUCT. ÎN AFARA PANOULUI	—	—	—	CMYY·4×2,5 mm² (P c.a.)	—	CYYB·2×4 mm²	CYYB 3×4 mm²		CYYB·2×2,5 mm² CYYB·3×2,5 mm²

Fig. 5.2.5. Schema electrică monofilară a unui panou servicii interne de curent continuu 110—220 V c.c.

MĂSURA ȘI CONTROLUL IZOLAȚIEI

MĂSURA

AL 30x4

REDRESOR 7061 C
3x380/220 V_{ca}
220-320 V; 10 A_{cc}

X	XI	XIII	XIV	XV	XVI
BATERIE DE ACUMULATORI	CUPLĂ DE SECȚIONARE A BARELOR	REDRESOR II	RELEU DE PÎLPÎIRE II	BUCLA DE ALIMENTARE A BARETELOR DE COMANDĂ II	BUCLĂ DE C-DĂ STAȚIA 20(6,10) kV II
Fy-3x6 mm²	Fy-2x6 mm²	Fy-2x mm²	Fy 2,25 m²	Fy-3x4 mm²	Fy-2x4 mm²
CYYB-3x6 mm²	—	CYYB-2x2,5 mm² CYYB-3x2,5 mm²		CYYB-3x4 mm²	CYYB-2x4 mm²

230 230

200

160 160 160

800

SPECIFICAȚIE DE APARATAJ

NR. CRT.	SIMBOL	DENUMIREA APARATULUI	TIPUL	NR. COD SAU STAS	CARACTERIST.	BUC	OBS.
1	1A	AMPERMETRU MAGNETOELECTR.	M-8	RS-71730	20-0-20 A	1	
2	2A, 4A	AMPERMETRU MAGNETOELECTR.	M-8	RS-71730	0-10 A	2	
3	3A	AMPERMETRU MAGNETOELECTR.	M-8	RS-71730	1-0-1 A	1	
4	V	VOLTMETRU MAGNETOELECTRIC	M-8	EA COD 3550	0-300 A	1	
5	K1; K2	CONTACTOR MONOPOLAR	MB 100	EA COD 3550	100 A TENS. B. 220 Vcc	2	
6	R1; R2	RUPTOR MONOPOLAR	RMC-100	EA COD 3550	100 A TENS. B. 220 Vcc	2	
7	K	RUPTOR MONOPOLAR	RMC-00	EA COD 0532	60 A TENS. B. 220 Vcc	1	
8	3I, 6I, 9I, 4I	ÎNTRERUPTOR PACHET TRIPOLAR	P-25-3	EA COD 0532	25 A; 380 V	4	
9	1I, 2I, 10I, 7I	ÎNTRERUPTOR PACHET BIPOLAR	P-25-2	EA COD 0612	25 A; 380 V	4	
10	4I; 8I	COMUTATOR BIPOLAR CU 2 DIRECȚII	K-25-22	EA COD 3761	25 A; 380 V	2	
11	Bt	BUTON PENTRU ȘUNTARE	BF-6		25 A; 380 V	1	
12	1,2 RP	RELEU DE PÎLPÎIRE	RP-7		220 Vcc	2	
13	2 RT	RELEU MAXIMAL DE TENSIUNE	RT 1-12		220 Vcc	1	
14	1 RT	RELEU MINIMAL DE TENSIUNE	RT 2-2		220 Vcc	1	
15	X/RI, XII/RI	RELEU ÎNTRERUPTOR	RT-2		220 Vcc	1	
16	Pt	PRIZĂ BIPOLARĂ DIN FONTĂ			25 A; 500 V	1	
17	R	REZISTENȚĂ BOBINATĂ			0,1 Ω; 30 A	1	
18		SIGURANȚĂ MONOPOLARĂ COMP.	LP-25A	EA COD 2031	25/25 A; 500 V	5	
19		SIGURANȚĂ MONOPOL. COMPLETĂ	LF-25A	EA COD 2031	25/15 A; 500 V	12	
20		SIGURANȚĂ MONOPOL. COMPLETĂ	LF-25A	EA COD 2031	25/10 A; 500 V	4	
21		SIGURANȚĂ MONOPOL. COMPLETĂ	LF-25A	EA COD 2031	25/6 A; 500 V	14	
22	12V; 22V	COMUTATOR VOLTMETRIE	TIP L 333	EA COD 1165		2	
23	ASPP-3	APARAT PT. MĂS. ȘI CONTR. IZOLAȚIE	ASPP-3			1	

ia măsuri pentru oprirea evoluției și limitarea efectelor celor neremediate și informează personalul ierarhic pentru luarea măsurilor ce se impun.

Defectele bateriilor de acumulatoare se pot clasifica în următoarele categorii :

— stări de funcționare deficitare, care se pot elimina prin tratamente de menținere în exploatare ;

— defecte ușoare ce pot fi înlăturate prin lucrări de întreținere curentă ;

— defecte care se pot înlătura ușor prin intervenții accidentale (înlocuiri sau recondiționări de piese și acesorii) ;

— degradări care cer reparații curente sau reparații capitale.

În tabelul 5.2.1 sînt enumerate orientativ fenomenele anormale care pot să apară în funcționarea bateriilor de acumulatoare acide, cauzele care le produc și indicații succinte asupra modului de remediere. În tabelul 5.2.2 se dau aceleași indicații pentru bateriile de acumulatoare alcaline. Pentru economie de spațiu în aceste tabele au fost enumerotate cauzele și modul de remediere fără a le mai repeta sau indica pe scurt.

In cazul surselor de încărcare a bateriilor de acumulatoare și a elementelor de automatizare și reglaj, personalul de deservire operativă, după ce constată apariția unor defecțiuni și stabilește gravitatea lor, ia măsuri pentru localizare scoțînd din funcțiune sursa de încărcare afectată, o înlocuiește cu sursa de încărcare de rezervă și înștiințează personalul ierarhic.

În cazul defectării unei surse de încărcare (redresor), cînd există sursă de rezervă, înlocuirea acesteia trebuie să se facă în timp cît mai scurt. În lipsa sursei de rezervă, sursa de încărcare defectă se va înlocui în maximum 5 ore.

În cazul unor defecte în panourile de servicii auxiliare de curent continuu, la baretele unei secții de bare, la elementele unui circuit sau la cablurile de alimentare a receptoarelor de curent continuu, personalul de deservire operativă va izola defectul, va trece alimentarea consumatorilor sau a receptorului pe cealaltă cale de alimentare (dacă există) și va anunța personalul ierarhic pentru a lua măsurile ce se impun. În cazul unor defecțiuni mărunte sau trecătoare, personalul de deservire operativă va lua măsuri de înlăturare a lor și de restabilire a alimentării receptoarelor.

Principalele defecţiuni care pot să apară în funcţionarea bateriilor de acumulatoare acide, cauzele care le produc şi modul de remediere

Fenomenul observat	Cauzele posibile	Modul de remediere
1	2	3
Electrolitul iese din vas	1. Nivelul electrolitului este prea ridicat peste plăci	1. Scoaterea de electrolit din vas pînă la nivelul prescris
	2. Capac neetanş; mastic turnat incorect; garnituri montate incorect, deformări ale vasului ca urmare a încălzirilor sau împănării defectuoase, înclinare exagerată; joc în bridele de fixare a bateriei în locaş	2. Masticul şi garniturile se scot şi se înlocuiesc; se înlocuieşte vasul sau se îndreaptă după demontare; bateria se fixează
Electrolitul unui element de baterie este sub nivelul celorlalte	3. Vasul spart	3. Înlocuirea vasului
	4. Sulfatare (degajare exagerată de gaze, temperatură ridicată)	4. Tratament de desulfatare, în funcţie de gravitatea sulfatării
	5. Scurtcircuit	5. Eliminarea scurtcircuitului
Spumă rară, albicioasă la suprafaţă electrolitului	6. Plauşete de lemn, noi	6. Nu constituie defect; dispare de la sine după cîteva încărcări
Electrolit colorat	7. Impurităţi în electrolit	7. Analiza electrolitului şi înlocuirea lui
Electrolit cu densitate prea mare	8. Folosirea greşită a acidului sulfuric la refacerea nivelului, în loc de apă distilată	8. Scoaterea de electrolit şi înlocuirea cu apă distilată
Nivelul electrolitului scade prea repede la toate elementele	4. Sulfatare 5. Scurtcircuit 9. Încărcare cu curent prea mare; supraîncărcare exagerată	4. Tratament 5. Eliminarea scurtcircuit 9. Reducerea curentului; controlul încărcării
	10. Descărcare cu curent mare	10. Limitarea curentului dacă este anormal

Tabelul 5.2.1 (continuare)

1	2	3
Electrolit cu densitate mai mică la unele elemente	3. Vasul spart 4. Sulfatare 11. Mici pierderi de electrolit neobservate ; la completare, se adaugă mai multă apă decît la celelalte elemente și efectul apare după cîtva timp	3. Înlocuire vas 4. Tratament 11. Înlocuirea vasului, după stabilirea exactă a cauzei
Densitatea electrolitului nu crește la valoarea normală la încărcare	5. Scurtcircuit 12. Scurgerea de curent la masă, datorită izolației defecte	5. Eliminare scurtcircuit 12. Remedierea izolației
	13. Polaritatea inversată la unul sau mai multe elemente	13. Încărcarea cu polaritate justă, urmată de tratament
	14. Încărcare insuficientă	14. Încărcarea completă urmată de încărcarea de egalizare
Tensiunea bateriei la o descărcare dată este mai mică decît cea obișnuită	4. Sulfatare 5. Scurtcircuit 12. Scurgerea de curent la masă 13. Polaritate inversă 15. Cădere de tensiune mare pe conexiuni	4. Tratament 5. Eliminare scurtcircuit 12. Remediere izolator 13. Încărcare și tratament 15. Strîngerea conexiunilor înșurubate, la nevoie, curățarea și ungerea lor Demontarea și remontarea corectă a legăturilor sudate
	16. Bateria prea rece, după repaus în aer liber sau în spații neîncălzite iarna	16 Încărcarea sau încălzirea în spații închise
Tensiune mai mică la descărcare, mai mare la încărcare, în comparație cu valorile anterioare	4. Sulfatare 13. Polaritate inversă 16. Bateria prea rece 17. Separatoare noi între plăci cu rezistență mai mare la început	4. Tratament 13. Încărcare și tratament 16 Încărcare sau încălzire 17. Se remediază de la sine după cîteva încărcări
Tensiune mai mică în repaus, densitatea electrolitului micșorată	4. Sulfatare 5. Scurtcircuit	4. Tratament 5. Eliminare scurtcircuit
Tensiune mai mică la descărcare și încărcare	5. Scurtcircuit	5. Eliminare scurtcircuit

1	2	3
Tensiune nulă	4. Sulfatare 5. Scurtcircuit 18. Descărcarea exagerată după o pierdere de capacitate neobservată	4. Tratament 5. Eliminare scurtcircuit 18. Tratament de desulfatare, eventual schimbarea plăcilor
Tensiune inversă	13. Polaritate inversă	13. Încărcare cu polaritate justă și tratament
Tensiune mai mare la încărcare, descărcare, repaus	8. Folosirea greșită a acidului sulfuric la refacerea nivelului, în loc de apă distilată	8. Scoaterea electrolitului și înlocuirea parțial cu apă distilată
Tensiune normală la începutul descărcării, mai mică decît cea normală la sfîrșitul descărcării	20. Scăderea temperaturii în timpul descărcării	20. Încărcarea completă
Tensiunea are valori neobișnuite	21. Sulfatare deosebit de adîncă ; electrolit înghețat	21. Încărcare, încălzire, tratament de desulfatare
Capacitate inițială sub cea normală la un regim de descărcare dat	22. Punere în funcțiune incompletă	22. Încărcări și descărcări normale cu curent constant
Capacitate micșorată la un regim dat	4. Sulfatare 9. Supraîncărcare 16. Bateria prea rece 23. Degradarea plăcilor pozitive	4. Tratament 9. Reducerea curentului 16. Încărcare sau încălzire 23. Înlocuirea plăcilor pozitive
	24. Plumbuirea plăcilor negative	24. Înlocuirea plăcilor pozitive și negative
	25. Funcționarea cu nivelul electrolitului sub cel normal	25. Refacerea nivelului și tratament de egalizare
	26. Electrolitul de densitate mică	26. Corectarea densității electrolitului
Capacitate mărită la un regim dat	8. Folosirea greșită a acidului sulfuric 27. Cantitate mai mare de electrolit	8. Înlocuire cu apă distilată 1. Scoatere de electrolit din vas
	28. Temperatura de funcționare ridicată	28. De la caz la caz
	29. Adîncirea formării materiei active, corodarea și formarea grătarelor de plumb antimonios	29. Fără remediere

1	2	3
Temperatura de funcționare egală sau mai mare de 45°C	4. Sulfatare 5. Scurtcircuit 9. Supraîncărcare exagerată 10. Descărcare cu curent mare 25. Nivel sub normal al electrolitului	4. Tratament 5. Eliminare scurtcircuit 9. Reducerea curentului 10. Reducerea curentului 25. Refacerea nivelului
Întreruperea circuitului bateriei, atît la încărcare, cît și la descărcare	30. Ruperi neobservabile ale legăturilor polilor, desprinderea de la punete a unui grup de plăci nesprijinite de prismele de pe fundul vasului	30. Cercetarea bateriei deconectate cu un voltmetru portabil la fiecare element, apoi remedierea ei
Legături între elemente mai calde decît celelalte	15. Cădere de tensiune mare pe conexiuni	15. Strîngerea conexiunilor, curățire, ungere, reglare legături
Degajare de gaze în timpul descărcării sau în repaus la 2—3 ore după întreruperea încărcării	7. Impurități în electrolit	7. Analiza electrolitului și înlocuirea lui
Degajare de gaze la începutul încărcării	4. Sulfatare 9. Sulfatare, încărcare exagerată	4. Tratament 9. Reducerea curentului
Vase de sticlă sparte	31. Așezarea pe trei colțuri în loc de patru ; deformarea exagerată a plăcilor pozitive de mare suprafață ; înghețarea electrolitului : calitatea necorespunzătoare a vaselor	3. Înlocuirea vasului

1	2	3
Vase de ebonită sparte	32. Vasele vechi sînt casante; forțate în spațiul de fixare la temperaturi joase ebonita e casantă ; înghețarea electrolitului	3. Înlocuirea vasului
Nămol prea mult la fundul vaselor	9. Supraîncărcare exagerată	9. Reducerea curentului
Nămol de culore castanie	33. Uzura plăcilor pozitive	33. Fără remediere
Nămol de culoare cenușie	34. Plăci negative staționare în contact prelungit cu căptușeala de plumb a vaselor sau cu nămolul de pe fundul acestora, supus unei acțiuni reductoare a curentului de încărcare	34. Eliminarea contactului ; scoaterea nămolului de materie activă
Nămol cu mult sulfat de plumb	14. Încărcarea insuficientă	14. Încărcarea completă urmată de egalizare
Porțiuni ale căptușelii de plumb a vasului, de culoare castanie	35. Contact accidental cu plăcile pozitive	35. Eliminarea contactului ; curățarea căptușelii de plumb
Capace de ebonită etanșe, bombate sau ridicate	36. Creșterea în dimensiuni a plăcilor pozitive, cu efect asupra capacelor, grupurile fiind sprijinite pe prismele de pe fundul vaselor; acid acetic în electrolit	36. Reparație capitală
Capace smulse, vase sparte	37. Explozia gazelor la acumulatoare complet închise	37. Reparație parțială

Tabelul 5.2.2

Principalele defecţiuni care pot să apară în funcţionarea bateriilor de acumulatoare alcaline, cauzele care le produc şi modul de remediere

Fenomenul observat	Cauze posibile	Modul de remediere
1	2	3
Electrolitul iese din vas	1. Nivelul este prea ridicat	1. Se corectează nivelul electrolitului; se curăţă şi se unge cu pensula
	2. Încărcarea se face cu curent prea mare	2. Se reduce curentul; se curăţă şi se unge cu pensula
Densitatea electrolitului este prea mare	3. Completarea electrolitului a fost făcută cu soluţie de potasă caustică, în loc de apă distilată	3. Se micşorează densitatea, înlocuind o parte din electrolit cu apă distilată, se încarcă pentru omogenizare
Densitatea electrolitului este prea mică	4. Încărcări exagerate	4. Elementul trebuie observat în exploatare
	5. Electrolitul are nivel prea ridicat, a ieşit din vas şi a fost completat cu prea multă apă distilată	5. Se corectează densitatea, înlocuind o parte din electrolit cu soluţie de potasă caustică de 1,24 g/cm³; se încarcă
Temperatura electrolitului este prea mare	2. ... 6. Descărcarea se face cu curent prea mare	2. ... 6. Se reduce curentul
	7. Se încarcă prea mult timp	7. Se opreşte încărcarea
	8. Încălziri provocate de prezenţa impurităţilor în electrolit sau de un electrolit prea vechi	8. Analiza electrolitului; înlocuirea lui
	9. Înşurubări necorecte sau defecte ale legăturilor dintre elemente (contacte slabe)	9. Se controlează, se curăţă şi se ung legăturile; încărcarea cu pauze

1	2	3
Electrolitul are culoarea roşiatică	10. A pătruns în element acid sulfuric o dată cu apa de refacere a nivelului	10. Înlocuirea imediată a electrolitului/cu soluţie de rezervă, după agitare şi vărsare (sau cu apă distilată pînă la prepararea soluţiei)
Electrolitul are culoarea negricioasă	11. Din cauza materiei active	11. Nu constituie deranjament
Spumă persitentă la suprafaţa electrolitului	2. . . . 8. . . . 12. Încărcare la temperatură prea ridicată	2. . . . 8. . . . 12. De la caz la caz
Capacul şi legăturile elementului au culoare ruginie (atacată)	10. . . .	10. . . .
Cristale de potasă caustică pe capace şi conexiuni	1. . . . 2. . . . 3. . . .	1. . . . 2. . . . 3. . . .
Rugina în exterior	13. Umezeala din atmosferă	13. Curăţire cu şmirghel fin, ungere cu pensula: se menţine uscată bateria
Tensiunea la încărcare prea mare	2. . . . 9. . . . 14. Temperatura prea scăzută, în special la Fe—Ni	2. . . . 9. . . . 14. De la caz la caz
Încărcarea durează prea mult	6. . . .	6. . . .
Consum prea mare de apă distilată	7. . . . 23. Vas spart	7. . . . 23. Se înlocuieşte
Degajare de gaze în repaus	24. La elementul Fe—Ni, la temperatura ridicată fierul din materia activă este atacat de către electrolit şi din reacţie se degajă hidrogen	24. Nu constituie deranjament

5.3. INSTALAȚII DE AER COMPRIMAT

5.3.1. CONSIDERAȚII GENERALE

Utilizarea aerului comprimat este foarte variată, acesta fiind folosit în ultimul timp ca fluid de comandă în instalații de automatizare, ca element de stingere a arcului electric în întreruptoarele cu aer comprimat, ca element de acționare a întreruptoarelor și separatoarelor din stațiile electrice, ca element de realizare și menținere a unei presiuni constante a apei de la instalațiile fixe de stins incendii cu apa pulverizată etc.

În stațiile electrice se întîlnesc de regulă două tipuri de instalații de aer comprimat, și anume:

— instalații cu consum mic de aer, la care aerul comprimat este utilizat numai pentru acționarea separatoarelor sau a întreruptoarelor, iar stingerea arcului din întreruptoare se realizează prin suflaj cu ulei sau cu expansină. La aceste instalații presiunea de producere a aerului comprimat este de cca 10 kgf/cm^2, iar presiunea de utilizare este de 4,5 kgf/cm^2. Pentru transportul aerului comprimat la aceste instalații se utilizează țevi de oțel;

— instalații cu consum mare de aer, la care aerul comprimat este utilizat concomitent pentru acționarea și pentru stingerea arcului în întreruptoare sau la instalațiile de stins incendii. Presiunea de producere a aerului comprimat la aceste instalații este de 25 40 kgf/cm^2, iar presiunea de utilizare este în general cuprinsă între 12 și 20 kgf/cm^2. La aceste instalații pentru transportul aerului comprimat se folosesc țevi din cupru.

Instalația de aer comprimat, a cărei schemă este prezentată în fig. 5.3.1, se compune din compresoarele de aer, recipientele de aer comprimat, răcitoare intermediare, oale de condens, manometre, ventile de siguranță, reductoare de presiune, dulapuri de comandă, conducte pentru aspirație și refulare, robinete, ventile de sens și alte accesorii.

Aerul folosit trebuie să fie uscat, deoarece, în cazul scăderii temperaturii mediului ambiant, umezeala din aer condensează sub formă de picături, care depunîndu-se pe izolație micșorează rigiditatea dielectrică a izolatoarelor, ducînd la conturnarea lor, chiar la tensiunea nominală. Iarna, umezeala îngheață, blocînd supapele de comandă ale dispozitivelor de acționare ale separatoarelor și ale întreruptoarelor.

De asemenea, aerul trebuie să fie curat, lipsit de praf sau vapori de ulei.

Uscarea aerului se realizează prin comprimarea lui la o presiune dublă față de cea de lucru. Imediat la ieșirea din compresor este instalat un răcitor care răcește aerul comprimat, făcînd să se condenseze sur-

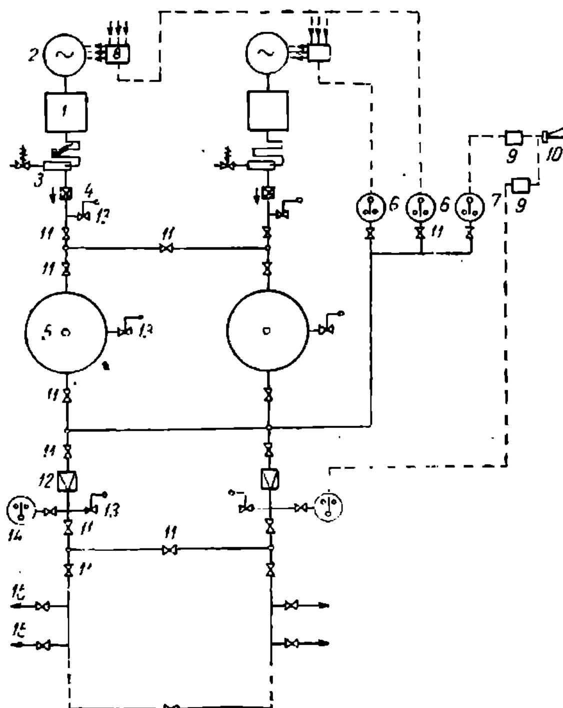


Fig. 5.3.1. Schema unei instalații de aer comprimat:

1 — compresor; *2* — motor electric; *3* — răcitor cu oale de condens; *4* — ventil de reținere; *5* — recipient de aer comprimat; *6* — manometru cu contacte pentru comandă; *7* — manometru cu contacte pentru semnalizare; *8* — tablou de comandă; *9* — clapetă de semnalizare; *10* — hupă; *11* — ventil de închidere; *12* — ventil de reducere; *13* — ventil de siguranță; *14* — manometru cu contacte pentru semnalizare; *15* — întreruptoare sau separatoare cu aer comprimat.

plusul de vapori conținuți în acesta. Condensul este reținut de oala de condens, instalată după răcitor.

Asupra răcitorului se suflă aer de la un ventilator antrenat o dată cu compresorul de aer. Oala de condens are, de regulă, la partea inferioară o supapă electromagnetică automată, care se deschide la oprirea compre-

sorului, golind condensul, vaporii de ulei din oală și aerul care se mai găsește în compresor, pregătind astfel repornirea sa.

Aerul comprimat este refulat apoi într-un recipient (butelie) de înmagazinare, care este instalat în serie pe circuitul de aer. Conducta de intrare a aerului în recipient pătrunde în interiorul ei pînă spre fund, iar conducta de ieșire a aerului pătrunde pînă spre capacul superior al recipientului sau este racordată în partea superioară a acestuia. Astfel se realizează o nouă separare a umidității și a vaporilor de ulei, prin destinderea și răcirea aerului din recipient.

Schema unei instalații de aer comprimat dintr-o stație electrică cuprinde întotdeauna două compresoare, cu instalațiile de pornire și oprire automată a acestora și cele de semnalizare a presiunii minime în buteliile de aer de rezervă.

5.3.2. EXPLOATAREA ȘI ÎNTREȚINEREA INSTALAȚIILOR DE AER COMPRIMAT

Personalul de exploatare a stațiilor electrice, în timpul serviciului de tură, execută următoarele operații în cadrul lucrărilor de întreținere curentă :

a) Se controlează nivelul de ulei din carter și din baia de ulei a filtrului de aer (se va completa dacă este cazul pînă la semnul superior de pe sondă, cu compresorul scos de sub tensiune) ;

b) Se evacuează lichidul condensat din răcitorul intermediar, recipienții tampon și din oalele de condens, inclusiv cele din canalele de cabluri.

c) Se verifică sensul de rotație al motorului (să coincidă cu cel înscris pe carcasă).

d) Se verifică dacă sînt bătăi în timpul funcționării.

e) Se verifică întinderea curelelor ventilatorului, apăsînd pe curea cu o forță de 3—4 kgf ; săgeata normală a curelei trebuie să fie în acest caz de 10—15 mm. (Compresorul va fi deconectat de la rețea atunci cînd se face această verificare).

f) Se controlează funcționarea corectă a aparatelor de măsurat (ampermetre, termometre, manometre etc.).

g) Se verifică funcționarea semnalizărilor de la panoul de comandă și de la panoul de semnalizări centrale.

h) Se controlează funcționarea corectă a automatizărilor compresorului (presiunea uleiului, temperatura și presiunea aerului în diversele trepte de compresie etc.).

i) Se verifică funcționarea supapelor (supapei) de siguranță ale compresorului.

j) Se controlează dacă carcasa motorului de la compresorul respectiv este legată la pămînt.

k) Se controlează dacă aparatoarele de protecție sînt în bună stare de funcționare (la agregatele prevăzute cu astfel de accesorii).

După un anumit număr de ore de funcționare, care se stabilește prin instrucțiunile tehnice interne în funcție de tipul și fabricația compresoarelor, se mai execută și următoarele operații:

a) Se verifică etanșeitatea supapelor de reținere; dacă presiunea din recipientul de aer comprimat scade cînd compresorul nu lucrează, înseamnă că supapa (supapele) de reținere nu funcționează corect (recipientul trebuie să fie izolat de restul instalației pentru că numai astfel se poate constata dacă supapa permite circulația aerului în sens invers). În acest caz se va înlocui garnitura supapei (supapelor).

b) Se va demonta separatorul filtru de apă și ulei (se spală) și dacă este cazul se vor înlocui elementele filtrante.

c) Se verifică instalația electrică.

d) Se ung lagărele roților de rulare și cepurile robinetelor (ventilelor).

e) Se verifică etanșeitatea diferitelor elemente fixate pe recipient.

f) Se verifică stringerea șuruburilor de la bloc, chiulase și conducte.

g) Se verifică funcționarea sigură a reductorului de presiune.

h) Se înlocuiește uleiul din carterul compresorului cu ulei utilizat la motoare auto.

i) Se verifică dispozitivele de comandă (decompresorul, purjările automate, presostatul, contactorul). Se vor curăța contactele sau se vor înlocui dacă va fi nevoie.

j) Se vor controla și se vor unge cu vaselină rulmenții electromotorului.

k) Dacă se constată o scădere a debitului compresorului se vor elimina neetanșeitățile și apoi se vor curăți supapele. Pentru curățirea supapelor se demontează chiulasa, apoi se deșurubează supapele de aspirație.

l) Se verifică strîngerea piulițelor la lagărele arborelui cotit.

5.3.3. DEFECȚIUNI MAI DES ÎNTÎLNITE ÎN FUNCȚIONAREA INSTALAȚIEI CU AER COMPRIMAT ȘI MODUL LOR DE REMEDIERE

În funcționarea instalațiilor cu aer comprimat se întîlnesc unele defecțiuni care pot fi sesizate de presonalul de exploatare fie în urma apariției unor semnalizări, a unor zgomote anormale, a unor încălziri exagerate, a scăderii rapide a nivelului de ulei, a unor porniri repetate a compresorului nejustificate printr-un consum mare de aer la manevre sau în instalațiile de stins incendii și altele. Dintre acestea enumerăm principalele defecțiuni și modul lor de remediere.

Bătăi în cilindru. Acestea se pot detecta dacă se lasă compresorul să funcționeze fără sarcină, cu supapele de aspirație deschise și se observă o reducere sau dispariția acestor bătăi. Cauzele bătăilor în cilindru sînt :

a) Uzura suprafeței cilindrice de ghidare a pistonului sau a cilindrului. Remedierea acestei defecțiuni se execută prin înlocuirea pistonului, cu alezarea cilindrului dacă este cazul.

b) Uzura segmenților sau a canalelor pentru segmenți. Defecțiunea se remediază prin înlocuirea segmenților.

c) Griparea pistonului sau a segmenților datorită fie unei ungeri nesatisfăcătoare, fie unei răciri insuficiente, fie formării de depuneri. Dacă la mărirea debitului de ulei pentru ungere bătăile nu dispar, se demontează pistonul și segmenții pentru spălare și curățire.

d) Spațiul dintre chiulasă și pistonul aflat la punctul mort interior fiind mic, apar bătăi imediat după pornire sau ceva mai tîrziu, după ce compresorul se încălzește. Remedierea se execută prin demontarea chiulasei și montarea unor garnituri mai groase.

e) Dezaxarea dintre pistonul montat în cilindru și biela montată pe arbore. Pentru remediere trebuie refăcută ajustarea și apoi se verifică jocul dintre piston și cilindru, care trebuie să fie uniform pe circumferință, în orice poziție a pistonului.

f) Pătrunderea unor corpuri străine sau a apei printr-o garnitură defectă sau spărtură. Remedierea se execută prin oprirea compresorului și înlocuirea garniturii sau obturarea spărturii respective.

Bătăi la supape. Cauzele care conduc la bătăi în supape sînt :

a) Ruperea organului de etanșare, a arcurilor lamelare sau a discurilor amortizoare. Remedierea defecțiunii se execută prin demontarea și înlocuirea pieselor avariate.

b) Slăbirea și ruperea arcurilor. Remedierea se face prin înlocuirea arcurilor.

c) Scaunul de așezare al supapei este prea adînc, datorită uzurii sau execuției incorecte și pistonul lovește supapa. Remedierea se face prin demontarea supapei și montarea unei garnituri mai groase.

Bătăi la arborele cotit. Cauzele acestor bătăi sînt :

a) Uzura fusurilor arborelui sau a cuzineților, care mărește jocul dintre arbore și lagăre. La apariția bătăilor, compresorul trebuie oprit și se verifică starea fusurilor și cuzineților. Dacă se constată uzuri la fusuri, acestea se rectifică și cuzineții se încarcă cu aliaj de antifricțiune.

b) Uzura lagărului bielei. Remedierea necesită strîngerea cuzineților bielei sau reîncărcarea lor.

c) Uzura bolțului de piston. Se va înlocui bolțul cu unul nou.

d) Slăbirea șuruburilor de strîngere ale lagărelor. Se remediază prin strîngerea acestor șuruburi.

Încălzirea anormală a compresorului. Cauzele principale care conduc la încălzirea compresorului sînt :

a) Dezaxarea cuzineților din cauza prelucrării greșite a acestora cu ocazia reparațiilor. Remedierea se execută prin prelucrarea din nou a cuzineților.

b) Poziția greșită a cuzineților, care face să nu se mențină poziția axială a arborelui. Se remediază prin montarea corectă a acestor cuzineți.

c) Joc prea mare între cuzineți și fusurile arborelui, din cauza uzurii sau a stării șuruburilor de strîngere. (În această situație uleiul se scurge ușor prin spațiul dintre cuzinet și fus, făcînd posibilă apariția frecării uscate).

d) Ungere insuficientă datorită lipsei uleiului din ungătoare sau gresoare, îmbîcsirii sau înfundării conductelor de ulei, dereglării pompei de ungere sau ale supapei de siguranță, nivelului de ulei prea coborît în carter etc.

e) Utilizarea unui lubrefiant necorespunzător condițiilor de funcționare ale compresorului.

f) La etajul (treapta) superior(ă) sînt defecte organele de etanșare ale supapelor de aspirație, ceea ce conduce la solicitarea excesivă a etajului inferior.

g) Ventilatorul debitează o cantitate de aer de răcire prea mică, datorită alunecării curelei trapezoidale. Se va remedia prin întinderea curelelor trapezoidale.

Alte tipuri de defecte. a) Compresorul absoarbe o putere mărită față de cea nominală. Aceasta se datorește faptului că orificiile supapelor și ale conductelor de aer comprimat sînt murdare. Pentru a înlătura defectul se vor curăța supapele și conductele de aer comprimat.

b) Aerul comprimat conține mult ulei. (Este mare consumul de ulei). Aceasta se datorește, printre altele, uzurii pistonului sau căii de rulare

a cilindrului. Se va remedia montînd cilindri și pistoane noi. O altă cauză care duce la umectarea aerului comprimat cu ulei se mai datorește și existenței în carterul motorului a unei cantități de ulei peste nivelul prescris.

c) Compresorul debitează aer insuficient sau nu realizează presiunea prescrisă. Aceasta se datorește supapelor care sînt : murdare, neetanșe sau defecte. Dacă este cazul, se vor înlocui plăcile de supapă sau arcurile supapelor. Cînd supapele nu sînt etanșe se vor înlocui inelele de etanșare deteriorate.

d) Compresorul nu pornește. Cauza constă în lipsa tensiunii de alimentare a motorului electric. Se remediază controlînd circuitele de alimentare cu energie electrică (siguranțe, întreruptor, blocaje ale automatizărilor etc.).

e) Compresorul se oprește. Dacă manometrul de pe colectorul de aer indică presiune scăzută, înseamnă că s-a defectat presostatul de comandă automată a compresorului. Se remediază defecțiunea apărută la releul respectiv.

f) Compresorul pornește foarte des, deși nu se folosește aer pentru manevre sau pentru alte scopuri.

Cauza constă în faptul că există pierderi mari de aer comprimat în instalația de distribuție. Se vor controla cu apă și clăbuc de săpun toate îmbinările, armăturile etc., eliminîndu-se neetanșeitățile.

g) Funcționarea defectuoasă a instalațiilor de comandă și automatizare. Cauza poate consta în arderea bobinelor de la elementele de comandă (relee, electroventile, contactoare, întreruptoare etc.) sau în defectarea circuitului pneumatic al acestor dispozitive. În funcție de constatări se înlocuiește sau se izolează elementul deteriorat.

5.4. INSTALAȚII DE VENTILAȚIE

5.4.1. CONSIDERAȚII GENERALE

Funcționarea normală a instalațiilor electrice este condiționată de existența unei atmosfere cu anumite caracteristici fizico-chimice. Suplimentar, dar absolut necesar, existența acestui mediu este impusă și pentru prevenirea incendiilor. Una din metodele pentru asigurarea condițiilor de mediu în încăperi este ventilația.

Instalația de ventilație se montează în stațiile de transformare pentru evacuarea gazelor rezultate din procesul de încărcare și descărcare a bateriilor de acumulatoare și introducerea în loc a aerului proaspăt din atmosferă. În aceste condiții se impune riguros ventilarea camerei acumulatoarelor, camerei tampon, depozitului de electrolit și apă distilată. Instalația de ventilație se prevede corelată cu proiectarea și montarea bateriei de acumulatoare. Ventilația camerelor de acumulatoare și a încăperilor anexe are două scopuri:

— diminuarea concentrației de hidrogen în aer pentru înlăturarea pericolului de explozie; amestecul de hidrogen și aer este exploziv dacă conține între 3,8...75% hidrogen;

— diluarea și evacuarea degajării de electrolit în aer, avînd în vedere nocivitatea acestor substanțe pentru personalul de exploatare și întreținere precum și pentru reducerea gradului de agresivitate asupra materialelor.

3.4.2. MODUL DE REALIZARE

Ventilația camerelor de acumulatoare și a încăperilor anexe este naturală sau forțată.

În cazul în care ventilația naturală nu este suficientă, suplimentar se prevede și o ventilație forțată, care va funcționa în perioadele de încărcare ocazională și de egalizare a bateriilor.

În cazul ventilației naturale aerul este introdus prin deschideri practicate în perete imediat lîngă pardosea, evacuarea făcîndu-se prin deschideri practicate la partea superioară a peretelui.

Instalația de ventilație forțată se compune din următoarele părți principale:

— grupul motor-ventilator;
— tubulatura de absorbție și refulare;
— panoul de comandă-protecție.

Grupul motor-ventilator se compune dintr-un motor asincron cuplat direct cu un ventilator, ambele montate pe o fundație din beton.

Tubulatura este special construită pentru a prelua simultan gazele de la nivelul pardoselii și de la nivelul tavanului prin guri de absorbție. Echilibrarea depresiunilor pe diferite ramificații se face cu ajutorul unor clapete manevrabile, care condiționează eficacitatea instalației de ventilație. Tubulatura de distribuție introduce aerul proaspăt în jurul tavanului camerei de acumulatoare și a încăperilor anexe. Tubulatura de evacuare conduce gazele de absorbție în exterior.

Tubulatura de aspirație a aerului din exterior este prevăzută cu filtru de aer pentru curățirea acestuia de praf, eventual și cu un dispozitiv pentru încălzirea lui în timpul anotimpului friguros.

Pentru ca vibrațiile grupului motor-ventilator să nu fie transmise tubulaturii de absorbție și evacuare, legătura dintre carcasa ventilatorului și tubulatură se execută dintr-un material moale prin care nu trece aerul (piele, pînză impregnată rezistentă).

Panoul de comandă-protecție realizează comanda de oprire pornire manual și automat, semnalizările respective, precum și protecția contra supracurenților a motorului electric.

În cazul ventilației forțate se prevede un sistem de blocaj care întrerupe încărcarea ocazională cînd nu funcționează instalația de ventilație.

5.4.3. EXPLOATAREA ȘI ÎNTREȚINEREA INSTALAȚIILOR DE VENTILAȚIE

● La preluarea în exploatare a instalațiilor de ventilație se vor efectua următoarele operații :

— se verifică dacă rotoarele motoarelor se rotesc fără piedici ;

— se verifică sensul de rotație al rotorului și dacă acesta corespunde cu sensul săgeții vopsite pe carcasa motorului ;

— se verifică nivelul de ulei din lagăre și gresarea cu vaselină a lagărelor cu rulmenți ;

— se verifică dacă carcasa motorului este legată la pămînt ;

— se verifică buletinele de măsurători electrice pentru motor executate conform normativelor Ministerului Energiei Electrice PE 003 și PE 116 ;

— se face proba de funcționare a grupului timp de două ore, cu care ocazie se verifică funcționarea de durată ;

— se verifică încălzirea lagărelor motorului și ventilatorului cu ajutorul termometrului sau, în lipsa acestuia, prin atingere cu mîna ;

— se verifică încălzirea motorului electric ;

— se verifică vibrațiile ventilatorului și ale motorului ;

— se verifică dacă instalația de încălzire a aerului proaspăt este bună și dacă realizează încălzirea acestuia ;

— controlul funcționării și reglarea clapetelor pentru egalizarea absorbției gazelor de la nivelul pardoselii și al tavanului, precum și a clapetelor de distribuire a aerului în camera acumulatoarelor ;

— controlul etanșeității îmbinărilor tubulaturilor și al axelor clapetelor de reglaj ;

— lipsa zgomotelor produse de vibrațiile tubulaturii ;

— centrarea corectă a cuplajului motor și ventilator ;

— verificarea protecției întreruptorului electric și a siguranțelor de la tabloul de alimentare.

● Exploatarea instalațiilor de ventilație constă în următoarele :

— urmărirea ca apărătoarele de protecție să fie montate la locul lor, să fie în stare bună și în caz de nevoie să se pună în ordine ;

— urmărirea funcționării corecte a grupurilor ventilatoare sesizînd zgomotele anormale, cu care ocazie se verifică prin atingere cu mîna dacă lagărele motorului electric sau ale ventilatorului nu sînt supraîncălzite ;

— să se verifice dacă ambele grupuri (cel de introducere a aerului proaspăt și cel de evacuare a gazelor toxice) sînt în funcțiune simultan.

— să se verifice prin atingere cu mîna dacă carcasa motorului electric nu este prea caldă (maximum +60°C la +35°C în mediul ambiant) ;

în timpul iernii se va verifica dacă se asigură încălzirea aerului proaspăt ;

— se verifică dacă absorbția gazelor toxice se face atît la nivelul tavanului cît și cel al pardoselii ;

— urmărirea etanșeității tubulaturii ;

— reglajul clapetelor de pe tubulatură să asigure absorbția gazelor în egală măsură la nivelul pardoselii, ca și la nivelul solului.

Defecțiunile care apar în timpul funcționării instalației de ventilație pot provoca deteriorarea utilajelor, ceea ce poate duce la acumulări de gaze toxice, explozie și incendiu în camera acumulatoarelor și în încăperile anexe.

Principalele defecțiuni care pot să apară la instalațiile de ventilație precum și modul de remediere sînt prezentate în tabelul 5.4.1.

Modul de acționare al personalului de exploatare la defecțiuni constatate la instalațiile auxiliare de curent continuu

Nr. crt.	Defecțiunea constatată	Modul de acționare al personalului
1	Lipsește tensiunea de alimentare a motorului electric	— Se controlează circuitul de alimentare cu energie electrică
2	Scurtcircuit pe coloana de alimentare	— Se înlocuiește coloana
3	Motorul este defect	— Se scot capacele și se controlează înfășurările. Se înlocuiește motorul
4	Ventilatorul este descentrat	— Se echilibrează rotorul
5	Joc prea mare în lagăre	— Se reglează jocul lagărelor
6	Legături rigide între carcasa ventilatorului și tubulatură	— Se intercalează o legătură electrică (textilă piele, etc.)
7	Garnitura elastică a flanșei de cuplare este deteriorată	— Se înlocuiește garnitura
8	Clapetele de reglare a intrării aerului prin diferitele guri nu sînt reglate bine	— Se reglează clapele astfel încît cele din dreptul gurilor acoperite de ventilator să fie aproape închise, iar cele de la capete deschise complet
9	S-a desprins legătura elastică dintre carcasa ventilatorului și tubulatura	— Se desface colierul și se prinde din nou, strîngînd bine
10	A apărut o deschidere în tubulatura de refulare a aerului	— Se controlează tubulatura și se remediază defectul
11	Filtrul de aer este înfundat și murdar	— Se curăță filtrul de aer
12	Lagărele nu au ungere	— Se vor unge lagărele
13	Lagărele sînt prea strînse	— Se demontează, se ajustează și se reglează strîngerea
14	A dispărut tensiunea, ceea ce a permis declanșarea întreruptorului	— Se verifică siguranțele pe întregul circuit de alimentare
15	A lucrat protecția întreruptorului	— Se verifică rotirea ușoară a rotorului și temperatura motorului. Se verifică protecția
16	Rezistența de încălzire a aerului nu este conectată	— Se verifică rezistența și se conectează corect
17	Este arsă siguranța de pe circuitul rezistenței de încălzire	— Se înlocuiește siguranța arsă

5.5. INSTALAŢII DE ALIMENTARE CU APĂ

5.5.1. CONSIDERAŢII GENERALE

Instalaţiile de alimentare cu apă utilizează apa pulverizată la stingerea incendiilor de lichide combustibile cu temperatura inflamabilă a vaporilor mai mari de 60°C, lichide inflamabile, hidrofile, cabluri electrice, la limitarea posibilităţilor de propagare rapidă a incendiilor prin stropirea zonei de ardere, protecţia contra încălzirii excesive şi răcirea intensivă a materialelor.

În consecinţă, se prevăd instalaţii fixe cu apă pulverizată pentru stingerea incendiilor la următoarele obiective energetice:

— gospodăria de cabluri, conform normativului MEE-PE 107;

— transformatoare de mare putere, conform normativului MEE-PE 101.

În cazul staţiilor electrice se prevede instalaţie fixă cu apă pulverizată la transformatoarele cu putere unitară peste 40 MVA instalate în clădiri supraterane şi la transformatoare şi autotransformatoare cu tensiunea nominală de 400 kV şi puteri nominale de 200 MVA sau mai mari, în cazul cînd sînt prevăzute două unităţi de acest fel;

— rezervoare de ulei exterioare cu capacitate mai mare de 100 m³.

În exploatare există instalaţii fixe cu apă pulverizată pentru stingerea incendiilor şi la autotransformatoarele de 200/110 kV, 200 MVA.

Apa utilizată la aceste instalaţii trebuie să fie decantată, filtrată, neutră cu o conductivitate mai mică de 1 500 μS.

5.5.2. INSTALAŢII DE STINGERE A INCENDIILOR CU APĂ

Instalaţia fixă cu apă pulverizată se compune din:

a) Instalaţii hidrotehnice, cu următoarele elemente componente:

— recipientul apă-aer;

— pompa pentru completarea pierderilor accidentale de apă;

grupurile de ventile pentru acţionarea automată şi manuală a instalaţiei fixe de stins incendiu;

— compresorul pentru aer;

— semnalizatoarele magnetice de nivel;

— robinetele de închidere a circuitului de apă;

— supape de siguranță ;
— țevile.

b) Instalația fixă propriu-zisă de stins incendiu, cu următoarele elemente componente :
— duzele pulverizatoare ;
— inelele purtătoare de duze ;
— montanții metalici din țeavă pentru susținerea inelelor.

c) Instalația de sesizare, care are următoarele elemente principale :
— splinklerele sau sesizoare cu detector cu fir fuzibil, care reprezintă elementele sesizoare ale temperaturii ;
— manometre, ventile pneumatice, robineți de reținere și reductoare de presiune ;
— oala de condens.

d) Instalația de comandă și semnalizare, cu următoarele elemente principale :
— vana de acționare cu motor electric sau mecanism Regmo ;
— dulapuri de comandă, automatizări, semnalizare ;
— gospodăria de cabluri ;
— instalațiile de încălzire, iluminat și forță, legare la pămînt.

În fig. 5.5.1 este reprezentată schema de principiu a unei instalații uzuale de stins incendiu cu apă pulverizată la autotransformatoarele de 400/200 kV.

Aerul este adus la clădirea instalației de stins incendiu la o presiune de 30 kgf/cm^3 (bar), iar prin intermediul unui reductor de presiune 30/10 kgf/cm^2 este introdus în rezervorul de apă-aer, *R*, la presiunea de 10 kgf/cm^2.

În regim normal rezervorul *R* conține 6,3 m^3 apă și 3,7 m^3 aer (în cazul existenței a două autotransformatoare). Presiunea de 10 kgf/cm^2 este controlată de manometrul de contact *1MC*, iar nivelul în rezervor este supravegheat de indicatoarele de nivel *1SN* și *2SN*.

Instalația de sesizare cu splinklere funcționează cu aer la presiunea de 3 kgf/cm^2, iar instalația de pulverizare — cu apă la presiunea de 10 kgf/cm^2.

Presiunea în instalația de pulverizare cu apă este supravegheată de un manometru cu contacte reglat la 9 kgf/cm^2, montat în amonte de reductorul de presiune 10/3 kgf/cm^2.

Cînd nivelul apei scade în rezervorul de apă-aer, indicatorul de nivel *1SN* își deschide contactul, fapt ce permite ventilului *50 VE* să se deschidă, iar electromotorul propriu să pornească automat.

Presiunea în instalația de sesizare este supravegheată de manometrele cu contacte de minimă presiune reglată la 2 kgf/cm^2 (*2MC*, *3MC*).

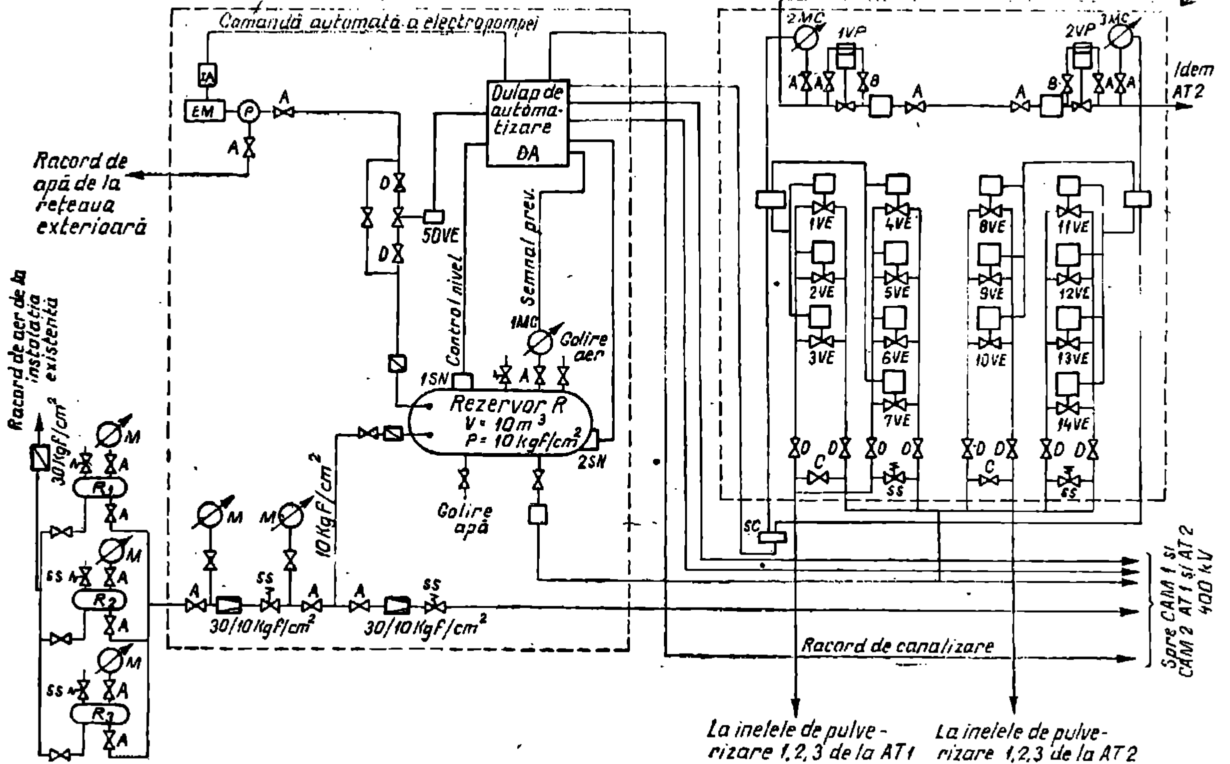


Fig. 5.5.1. Schema de principiu a unei instalații de stins incendiu la autotransformatoarele de 400/220 kV :

R1, R2, R3 — rezervoare de aer comprimat, 30 kgf/cm², 1 m³ ; *1MC, 2MC, 3MC* — manometre cu contacte electrice ; *1VP, 2VP* — ventile pneumatice ; *1VE ... 14 VE, 50VE* — ventile electromagnetice pe circuitul de apă ; *1SN, 2SN* — semnalizatoare magnetice de nivel ; *M* — manometre indicatoare ; *A* — ventile normal deschise pe circuitul de aer ; *B* — ventile normal închise pe circuitul de aer ; *C* — ventile normal închise pe circuitul de apă ; *D* — ventile normal dschise pe circuitul de apă ; *1A* — contactor tripolar ; *SC* — șir cleme ; *CAM1, CAM2* — cabină de acționare manuală ; *P* — pompă ; *SS* — supapă de siguranță.

La apariția unui început de incendiu, cînd temperatura depășește o valoare, de regulă 95°C, elementele sesizoare lucrează producînd o destindere a aerului în rețeaua de sesizare. Această destindere este sesizată de ventilele diferențiale *1VP* sau *2VP* și comandă manometrele cu contact *2MC*, *3MC*, care prin contactele lor deschid ventilele *1...14 VE*, fapt ce permite pătrunderea apei din rezervorul *R* în cele trei inele ale instalației de pulverizare la o presiune de 10 kgf/cm^2.

Indicatorul de nivel *2SN*, montat la partea inferioară a rezervorului *R*, evită suflarea aerului pe autotransformator la presiunea de 10 kgf/cm^2.

La funcționarea protecției de gaze sau diferențiale impulsul de comandă este transmis la ventilele *VE*.

5.5.3. EXPLOATAREA ȘI ÎNTREȚINEREA INSTALAȚIILOR DE ALIMENTARE CU APĂ

● La preluarea în exploatare se va urmări:

— înclinația conductelor spre punctele de golire, care va fi de 2‰. Inelele trebuie să fie executate înclinat spre coloana de alimentare;

— se va verifica ca inelul de sus să nu fie deasupra nivelului superior al cuvei transformatorului, iar duzele de pe acest inel să fie astfel înclinate, încît să fie stropită suprafața superioară a transformatorului pînă la marginea inferioară a izolatoarelor;

— se va urmări ca inelul de jos să fie montat la o înălțime de cel puțin 1 m față de nivelul șinei de rulare, iar duzele de pe acest inel să fie astfel înclinate încît să fie stropită marginea inferioară a cuvei transformatorului;

— inelul din mijloc va fi amplasat la distanțe egale față de cele două inele;

— se va urmări ca distanța dintre duză și cuva transformatorului să fie de 0,8...1,3 m;

— se va verifica ca presiunea apei la duze la începutul operației de stropire să fie de cel puțin 5 kgf/cm^2, iar la sfîrșitul operației de pulverizare să fie de cel puțin 3 kgf/cm^2;

— se va verifica conductivitatea apei;

— se va verifica existența vanelor de separație și de cuplă;

— se va verifica etanșeitatea vanelor, robineților, conductelor.

● În timpul exploatării se vor verifica următoarele:

— funcționarea corectă a pompei de apă;

— presiunea la rezervorul apă-aer și pe conductele de la instalația de sesizare ;
— verificarea manometrelor prin suflare pentru depistarea eventualelor obturări ;
— se va scoate permanent apa din inelele de pulverizare rezultate din eventualele scăpări ale electroventilelor, îndeosebi iarna ;
— funcționarea vanelor manuale prin 2—3 manevre manuale de închidere și deschidere ;
— urmărirea funcționării indicatorului de nivel de la rezervorul apă-aer ;
— se va verifica conductivitatea apei ;
— verificarea ventilelor de reținere și robinetelor ;
— corecta închidere a vanelor și robinetelor, pentru a evita rămînerea apei pe conducte, permanent, îndeosebi iarna.

Întreprinderea de exploatare va preciza prin instrucțiuni periodicitatea executării acestor verificări : zilnic, lunar, trimestrial, anual.

5.6. GOSPODĂRIA DE ULEI

5.6.1. GENERALITĂȚI

Uleiul electroizolant, pe bază de hidrocarburi, din echipamentul electromagnetic al stațiilor electrice și posturilor de transformare îndeplinește următoarele funcții :
— izolarea părților sub tensiune între ele și față de masă ;
— impregnarea izolației solide (hîrtie, prespan) pentru îmbunătățirea constantei dielectrice ;
— disiparea energiei termice generate de partea activă a transformatoarelor de putere ;
— evitarea descărcărilor parțiale ;
— stingerea arcului electric care apare în întreruptoare.

Deoarece impurificarea uleiului electroizolant cu cantități infime de substanțe străine solubile sau insolubile înrăutățește nivelul de izolație a echipamentului electroenergetic, micșorîndu-i siguranța în exploatare, se impun măsuri deosebite privind transportul, manipularea și controlul de calitate atît a uleiului nou, cît și a celui din exploatare. Aceste măsuri se asigură prin organizarea gospodăriilor de ulei și a laboratoarelor de analiză a proprietăților fizice, chimice și dielectrice a uleiurilor electroizolante.

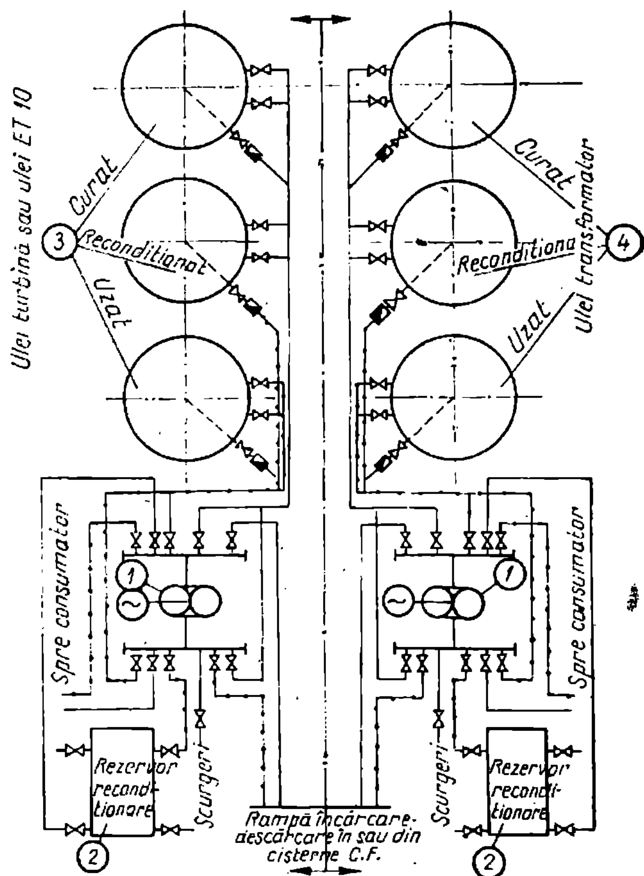


Fig. 5.6.1. Schema de principiu a circuitului de ulei dintr-o gospodărie de ulei:

——— circuit de ulei curat ; robinet de reținere ;

—•—•— circuit de ulei uzat ; vană ;

1 — pompă cu roți dințate ; 2 — rezervor pentru recondiționare ; 3 — rezervor pentru ulei de turbină sau ulei ET 10 ; 4 — rezervor pentru ulei de transformator.

În general, gospodăriile de ulei înmagazinează și manipulează mai multe sorturi de ulei: ulei pentru transformatoare și întreruptoare tip Tr. 30, conform STAS 871 și STAS 811; ulei pentru sistemele de comandă electropneumatică a întreruptoarelor de înaltă tensiune tip ET 10, conform STAS 10130; ulei de turbină pentru compensatoarele sincrone tip TB 30; ulei aditivat etc.

Gospodăriile de ulei cuprind următoarele dispozitive, indicate și în schema de principiu a circuitului de ulei din fig. 5.6.1:

— rampa de încărcare-descărcare, care trebuie să fie prevăzută cu cîte două guri pentru fiecare tip de ulei și anume, una pentru uleiul nou (curat) și cealaltă pentru uleiul uzat;

— rezervoarele de depozitare;

— stația de pompare, constituită în general din pompe de ulei cu roți dințate;

— agregatele de filtrare-uscare (pentru recondiționarea fizică a uleiului);

— conductele de legătură și armăturile.

În afara acestor dispozitive care asigură manevrarea, depozitarea, recondiționarea și distribuirea uleiului la punctele de consum, fiecare gospodărie de ulei trebuie dotată cu cele necesare pentru controlul calitativ și cantitativ al uleiului.

5.6.2. CONTROLUL ULEIURILOR ELECTROIZOLANTE ÎN EXPLOATARE

Condițiile de funcționare a echipamentelor electrice înrăutățesc proprietățile fizice, chimice și dielectrice ale uleiurilor electroizolante, afectînd la rîndul lor funcționarea sigură a echipamentelor, reducînd chiar durata lor de utilizare. Ca urmare, se impune supravegherea uleiurilor electroizolante din exploatare printr-un riguros control de laborator ca parte integrantă din încercările profilactice la care este supus periodic echipamentul electric.

Determinările fizico-chimice și electrice la care sînt supuse probele de ulei, precum și limitele impuse pentru exploatare sînt indicate în tabelul 5.6.1.

Un transformator nou sau reparat capital poate fi pus în funcțiune numai dacă la buletinul de încercări electrice emis de furnizor sau atelierul de reparații este anexat și buletinul de analiză a uleiului electroizolant.

Tabelul 5.6.1

Determinările fizico-chimice și electrice la care sînt supuse probele de ulei

Nr. crt.	Denumirea probei	Condițiile de execuție a probei	Indicațiile și valorile de control	Momentul efectuării probei	Observații
0	1	2	3	4	5
1	Aspect	Examinarea vizuală a unei probe de ulei luată într-un pahar Berzelius de 250 cm³	Ulei nou, ulei nou recondiționat fizic și ulei din exploatare: limpede, fără suspensii. Dacă proba la aspect nu corespunde uleiul se filtrează la rece	C.C. A.R. A.C.	
2	Cărbune în suspensie	Examinarea se face vizual în vasul aparatului pentru determinarea rigidității dielectrice	Ulei nou și ulei nou recondiționat fizic: lipsă Ulei din exploatare: a) la transformatoarele de forță, măsură: lipsă; b) la uleiul din coloanele izolante ale întreruptoarelor: lipsă; c) la camerele de stingere ale întreruptoarelor se admit urme de cărbune cu condiția respectării valorii rigidității dielectrice.	C.C. A.R. A.C.	În cazul prezenței cărbunelui în uleiul din transformatoarele de putere, măsură și coloanele izolante ale întreruptoarelor se va face recondiționarea fizică a uleiului
3	Prezența apei în ulei	Examinarea se face calitativ prin metoda crepitării într-o eprubetă încălzită la flacăra de gaze	Ulei nou, ulei nou recondiționat fizic și ulei din exploatare: nu trebuie să se audă pocnituri. În cazul prezenței apei, uleiul se va recondiționa fizic	C.C. A.R. A.C.	
4	Punct de inflamabilitate Martens-Pensky	Determinarea se face conform STAS 5488 cu aparatul în creuzet închis Pensky-Martens. Orientativ se poate determina și în creuzet deschis (metoda Marcusson) după STAS 5489.	Valori minime, °C Ulei / STAS 5488 / STAS 5489 Nou, nou recondiționat fizic și la PIF: 140 / 145 Din exploatare: 135 / 140	A.R. A.C.	

			La valori mai mici decît cele indicate uleiul nu se utilizează, iar cel din exploatare se schimbă		
5	Punct de congelare	Determinarea se execută conform STAS 39 și servește la caracterizarea compoziției uleiului	Ulei nou, ulei nou recondiționat fizic : —40°C Ulei din exploatare : —40°C	A.C.	
6	Aciditate organică	Determinarea se execută conform STAS 23. Prezența aditivului se determină calitativ cu complex fosfomolibdenic. — Prezența și dozarea aditivilor de tip fenolmultiplualchilați se determină conform STAS 1473 T, în laboratoare specializate	**Ulei** — **Valori maxime mg/KOH/g** Nou, nou recondiționat fizic și la PIF — neaditivat: 0,03 — aditivat: 0,06 Din exploatare în echipamente cu tensiune : ≤20 kV: 0,50 35—110 kV: 0.30 220—400 kV: 0,20	A.R. A.C. C.C.	
			Peste valorile prezentate uleiul nou nu se utilizează, iar cel din exploatare se schimbă	A.R. A.C.	
7	Impurități mecanice	Determinările se fac conform STAS 33	— Ulei nou, ulei nou recondiționat fizic și ulei la PIF : lipsă — Ulei din exploatare : lipsă Dacă sînt prezente impurități mecanice, uleiul se supune recondiționării fizice		Această analiză se face atunci cînd probele electrice nu ies corespunzătoare și cînd uleiul nu corespunde ca aspect

Tabelul 5.6.1 (continuare)

0	1	2	3	4	5
8	Stabilitate la oxidare	Determinarea se aplică numai uleiului nou. Probe se execută conform STAS 6798, de către un laborator de specialitate	Valorile determinate trebuie să corespundă prevederilor STAS 811	A.S.	Analiza se va efectua numai atunci cînd este necesară amestecarea a două uleiuri diferite sau cînd există dubii asupra calității uleiului recepționat
9	Tensiune interfacială apă-ulei electroizolant	Determinarea se face conform STAS 9654 la un laborator de specialitate	Ulei — σ 25°C. dyn/cm: — nou și nou recondiționat fizic: min. 40 — ulei din exploatare: min. 20 Pentru valori mai mici ale σ 25°C uleiul nou se recondiționează fizic, iar uleiul din exploatare se schimbă	A.S.	Proba se execută numai atunci cînd rezultatele analizei complete sînt neconcludente
10	Conținutul de gaze în ulei	— Prelevarea probelor de ulei, extragerea gazelor și analiza lor cantitativă și calitativă se vor face de către un laborator specializat. — Analiza servește ca metodă preventivă de urmărire în exploatare a transformatoarelor de mare putere (200—400 MVA) și foarte înaltă tensiune (220—400 kV). — Proba se execută la unitățile respective și în caz de semnalizare sau declanșare a releului Bucholz, permițînd :	Interpretarea datelor se va face de către laboratorul specializat, în funcție de analizele anterioare și de rezultatele obținute la trafo similare		A.S.

<table>
<tr><td></td><td></td><td>— stabilirea naturii defectului ;
— evidențierea declanșării intempestive.</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>11</td><td>Conținut de apă</td><td>Metoda Karl-Fischer
Determinarea se face conform STAS 7041 de către laboratoare speciale, atunci cînd rezultatele analizei complete sînt neconcludente</td><td>Limita maximă admisă la transformatoarele de 220—400 kV
<table>
<tr><th>Ulei</th><th>Conținut de apă maxim, p.p.m.</th></tr>
<tr><td>— nou recondiționat fizic</td><td>10</td></tr>
<tr><td>— la PIF</td><td>20</td></tr>
<tr><td>— din exploatare</td><td>30</td></tr>
</table>
Pentru valori mai mari, uleiurile se supun recondiționării fizice</td><td>A.S.</td><td></td></tr>
<tr><td>12</td><td>Rigiditatea dielectrică</td><td>Determinarea se execută conform STAS 286
a) Transformatoare de putere
Proba se execută la toate transformatoarele de putere de 6—400 kV.</td><td>a) Uleiul pentru transformatoarele de punere se consideră corespunzător, dacă valorile măsurate sînt superioare următoarelor valori limită :
<table>
<tr><th rowspan="2">Ocazia măsurării</th><th colspan="4">Rigiditatea dielectrică [kV/cm] minimă pentru transformatoarele de putere avînd tensiunea superioară [kV] :</th></tr>
<tr><th>6—35</th><th>60—110</th><th>220</th><th>400</th></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr>
<tr><td>Înainte de umplere (ulei nou și ulei nou recondiționat fizic)</td><td>200</td><td>200</td><td>220</td><td>240</td></tr>
</table></td><td>C.C.
(La transformatoarele clanșe de fabricație străină : o dată la 6 ani)
A.R.
A.C.</td><td></td></tr>
</table>

Tabelul 5.6.1 (continuare)

<table>
<tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th></tr>
<tr><td></td><td>b) Transformatoare de măsură
— Încercarea se execută obligatoriu numai la transformatoarele de măsură de 110—400 kV.
— La transformatoarele de măsură de 6—60 kV proba este facultativă</td><td>
<table>
<tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th></tr>
<tr><td>La 72 de ore după umplere</td><td>180</td><td>200</td><td>220</td><td>240</td></tr>
<tr><td>La PIF</td><td>160</td><td>180</td><td>200</td><td>220</td></tr>
<tr><td>În exploatare</td><td>120</td><td>160</td><td>180</td><td>200</td></tr>
</table>
Uleiul din ruptorul comutatorului de reglaj sub sarcină va corespunde valorii indicate de furnizor [125/150 kV/cm].
b) Uleiul din transformatoarele de măsură se consideră corespunzător, dacă valorile măsurate sînt superioare următoarelor valori limită :
<table>
<tr><th>Ocazia măsurării</th><th colspan="3">Rigiditatea dielectrică minimă [kV/cm] pentru transformatoare de măsură de :</th></tr>
<tr><td>-</td><td>6—35 kV</td><td>60—110 kV</td><td>220—400 kV</td></tr>
<tr><td>Înainte de umplere (ulei nou recondiționat fizic)</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td></tr>
<tr><td>După umplere (numai în cazul unei reparații sau recondiționării a transformatorului)</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td></tr>
<tr><td>La PIF</td><td>140</td><td>160</td><td>180</td></tr>
<tr><td>În exploatare</td><td>120</td><td>140</td><td>160</td></tr>
</table>
</td><td>C.C.
A.R.</td><td></td></tr>
</table>

c) Întreruptoare

Proba se execută în mod normal numai asupra uleiului din camera de stingere.

— Pentru uleiul din coloanele izolante, încercarea nu se va executa decît în cazul cînd se constată o rezistență de izolație necorespunzătoare

— Pentru întreruptoarele cu acționare oleo-pneumatică se va executa și verificarea uleiului de acționare

c) Uleiul din întreruptoare se consideră corespunzător dacă valorile măsurate sînt superioare următoarelor valori limită :

Tipul întreruptorului	Locul prelevării probei	Rigiditatea dielectrică minimă, [kV/cm] La PIF	Rigiditatea dielectrică minimă, [kV/cm] În exploatare
1	2	3	4
IUP 6-10-15 kV IO-10 kV și alte tipuri similare	din camerele de stingere	80	50
IO 15—20 kV și alte tipuri similare	din camerele de stingere	100	60
IU 35 kV și alte tipuri similare	din camerele de stingere	120	80
IUP 25 și 35 kV și alte tipuri similare	din izolatoarele suport	100	80
	din camerele de stingere	100	60

C.C.

Tabelul 5.6.1 (continuare)

0	1	2	3				4	5
			1	2	3	4		
			IUP 110 kV-1900 MVA și alte tipuri similare	din izolatoarele suport	130	110		
				din camerele de stingere	130	80		
			IUP 110 kV —3000 MVA și alte tipuri similare	din izolatoarele suport	130	110		
				din camerele de stingere	130	80		
				din camerele exterioare camerelor de stingere	130	100		
			IO 110-220-400 kV (vezi obs.) și alte tipuri similare	din izolatoarele suport	200	200		La întreruptoarele IO-110-220-400 kV probele din izolatoarele suport se vor efectua numai în cazurile speciale cînd este necesară reetanșarea coloanei. Lucrarea se va executa conform
				din camerele de stingere	130	60		
				din camerele exterioare camerelor de stingere	130	100		

			din circuitele de comandă — 120 — 80		tehnologiei aprobate de IEP Craiova
13	Tangenta unghiului de pierderi dielectrice	Determinările se fac conform STAS 6799 la o temperatură a uleiului de 90°C . a) Transformatoarele de putere	a) Uleiul pentru transformatoarele de putere se consideră corespunzător dacă valorile măsurate sînt inferioare următoarelor valori limită :	C.C. A.R. A.C.	

Ocazia măsurării	Valoarea maximă a tg δ a uleiului la 90°C, pentru transformatoare de putere avînd tensiunea superioară :			
	6 – 35 kV	60— 110 kV	220 kV	400 kV
1	2	3	4	5
Înainte de umplere	0,005	0,005	0,005	0,005
La 72 de ore după umplere	0,02	0,02	0,015	0,015
La PIF și după reparații în ateliere specializate	0,03	0,025	0,02	0,02
În exploatare	0,20	0,15	0,10	0,07

Tabelul 5.6.1 (continuare)

0	1	2	3				4	5
		b) Transformatoare de măsură — Proba se execută numai la transformatoarele de măsură de 110—400 kV. — La transformatoarele de măsură de 6—60 kV proba este faculativă	b) Uleiul pentru transformatoarele de măsură se consideră corespunzător, dacă valorile măsurate sînt inferioare următoarelor valori limită:				C.C. A.R.	
			Ocazia măsurării	Valoarea maximă a tg δ a uleiului la 90° C, pentru transformatoarele de măsură de:				
				6—35 kV	60—110 kV	220—400 kV		
			Înainte de umplere (ulei nou și ulei recondiționat fizic)	0,005	0,005	0,005		
			După umplere (numai în cazul unei reparații sau al recondiționării transformatoarelor)	0,030	0,025	0,020		
			La PIF	0,035	0,035	0,025		
			În exploatare	0,10	0,10	0,10		

În cazul în care uleiul nu corespunde la controlul curent (C.C.), el va fi supus analizei reduse (A.R.) și se vor lua măsurile necesare pentru a aduce caracteristicile uleiului la valori în cadrul limitelor impuse. Astfel:

a) dacă uleiul nu este limpede, va fi supus filtrării la rece;

b) dacă rigiditatea dielectrică este sub limite, iar tg δ este în limite, uleiul va fi supus recondiționării fizice (filtrare la cald și uscare în vid);

c) dacă indicele de neutralizare, punctul de inflamabilitate, pierderile dielectrice nu se încadrează în limite, se schimbă uleiul.

Amestecarea unor sorturi (mărci) diferite de ulei se va face numai după determinarea compatibilității uleiurilor conform STAS 11605.

Analiza completă (A.C.) și specială (A.S.) se efectuează, dacă este cazul, atît asupra uleiului nou, cît și a celui recondiționat fizic.

5.6.3. DETERIORAREA ULEIURILOR ELECTROIZOLANTE ÎN EXPLOATARE

Uleiul din echipamentul electric este supus unor solicitări care duc la înrăutățirea proprietăților sale.

Apariția apei se poate datora:

a) aerului atmosferic care pătrunde o dată cu răcirea transformatorului în conservatorul de ulei, prin filtrul cu silicagel a cărei capacitate de absorbție a ajuns la saturație și nu a fost schimbat;

b) degradării celulozei din izolația solidă (preșpan, pertinax, hîrtie).

Prezența apei în ulei micșorează rigiditatea dielectrică a uleiului și accelerează deteriorarea izolației de hîrtie.

Impuritățile mecanice sînt particule solide care impurifică uleiul și pot proveni:

a) în urma unei curățiri necorespunzătoare a cuvelor înainte de umplerea lor cu ulei;

b) din degradarea izolației solide;

c) datorită condițiilor normale de funcționare a echipamentului (cărbune în suspensie, oxizi metalici).

Prezența impurităților mecanice conduce la micșorarea rigidității dielectrice și la creșterea valorii tg δ.

Produsele de degradare provin din dizolvarea unor materiale utilizate în construcția echipamentului și prin oxidarea uleiului electroizolant.

Acestea sînt substanțe care conduc la creșterea valorii tg δ la 90° și la înrăutățirea tuturor proprietăților fizico-chimice.

5.6.4. RECONDIȚIONAREA ULEIURILOR ELECTROIZOLANTE

Pierderea calităților uleiului electroizolant în timpul exploatării poate fi cauzată de pătrunderea în ulei a diferitelor substanțe sau de oxidarea uleiului.

În primul caz recondiționarea uleiului se face prin curățire mecanică, respectiv prin decantare, centrifugare, filtrare sau spălare.

În cazul oxidării uleiului, calitățile sale se schimbă radical și este necesar să se folosească metode chimice de regenerare printre care tratarea cu absorbanți, tratarea cu acid sulfuric sau tratarea cu alcalii și pămînt decolorant.

Curățirea uleiului prin decantare este relativ simplă și nu necesită utilaje complicate. Se lasă uleiul un timp mai îndelungat într-un rezervor care are posibilitatea de evacuare a nămolului și impurităților, ca în fig. 5.6.2.

Apa și impuritățile mecanice, avînd greutatea specifică mai mare. se lasă la fund. La anumite perioade se scurg aceste reziduuri fie prin orificiul de pe fundul înclinat al rezervorului (fig. 5.6.2 *a*). fie de pe fundul dublu al rezervorului (fig. 5.6.2 *b*) cu avantajul că se evită agitarea sedimentelor la adăugarea de ulei. Pentru uleiul de transformator decantarea se face în condiții optime la temperatura de 30—40°C.

O metodă mai rapidă și mai eficace este *curățirea uleiului prin centrifugare.* Prin învîrtire rapidă (fig. 5.6.3), particelele mai grele decît

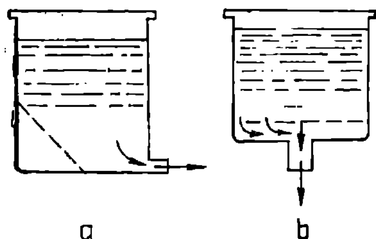


Fig. 5.6.2. Îndepărtarea nămolului de pe fundul rezervorului.

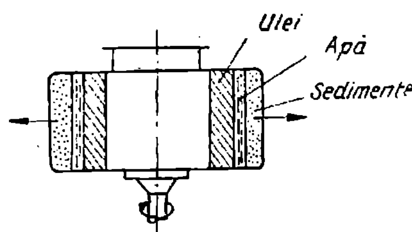


Fig. 5.6.3. Separarea apei din ulei prin centrifugare.

uleiul sînt aruncate datorită forței centrifuge spre pereții vasului, iar lichidul se împarte în straturi.

Într-o instalație de centrifugare a uleiului (fig. 5.6.4) uleiul se încălzește, se centrifughează și se usucă în vid. Trebuie remarcat că această metodă are dezavantajul predispunerii uleiului la oxidare. Centrifugarea repetată a uleiului contribuie la îmbătrînirea prematură.

O metodă mai perfecționată pentru îndepărtarea apei este *uscarea sub vid a uleiului* (fig. 5.6.5). Realizarea unui proces de uscare, printr-o pulverizare corectă la un vid de 90% și la temperatura de 45°C, con-

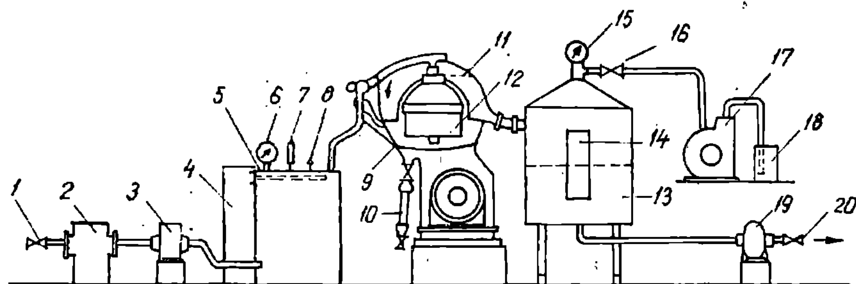


Fig. 5.6.4. Instalație complexă de centrifugare a uleiului :
1 — ventil de intrare ; *2* — filtru ; *3* — pompă ; *4* — vas de încălzire electrică a uleiului ; *5* — rezistență ; *6* — manometru ; *7* — termometru ; *8* — ventil de siguranță ; *9* — centrifugă de vid ; *10* — conductă de evacuare a impurităților ; *11* — picături de ulei ; *12* — tambur centrifugal ; *13* — aparat de vid ; *14* — vizor ; *15* — vacuumetru ; *16* — ventil ; *17* — pompă de vid ; *18*.— aparat de condensație ; *19* — pompă ; *20* — ventil de ieșire.

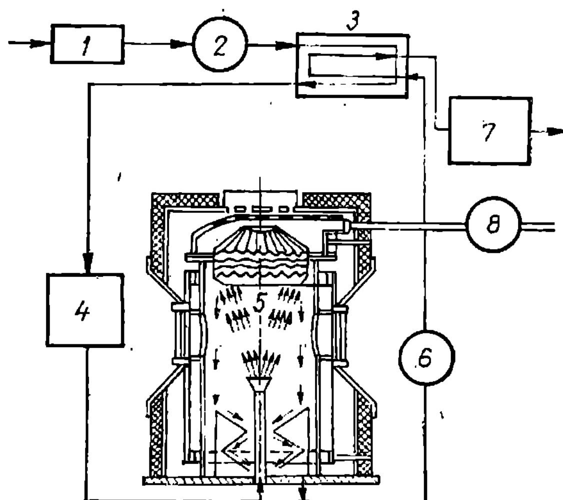


Fig. 5.6.5. Schema uscării uleiului prin pulverizare sub vid.

duce practic la uscarea totală a uleiului. Datorită rapidității uscării, nu are loc nici un fel de oxidare a uleiului.

După o primă curățire a uleiului, cu ajutorul unei centrifuge *1*, acesta se introduce în circuit cu pompa *2*. În schimbătorul de căldură *3* și în încălzitorul *4*, uleiul este adus la temperatura de 45°C

și se pulverizează în recipientul 5. Din acest recipient, cu ajutorul pompei 6, se trece prin schimbătorul de căldură 3 și filtru-presă 7. Vidul în recipientul 5 se realizează cu ajutorul pompei de vacuum 8.

Deoarece aceste instalații sînt complexe, curent se folosește completarea instalației de centrifugare a uleiului cu o instalație de filtrare. Pentru ca filtrarea să aibă loc cu maximum de eficiență, este necesar ca uleiul să fie încălzit la 40—45°C. Instalațiile de filtrare funcționează la o presiune de 4—5 at. Uleiul care se filtrează trebuie să fie relativ uscat, trecut prin centrifugă; în caz contrar hîrtia filtrantă trebuie schimbată des pentru a nu se umezi și rupe.

Regenerarea uleiului se impune cînd acesta își schimbă calitățile chimice. Posibilitățile de regenerare a uleiului se bazează pe faptul că îmbătrînirea se extinde numai la 3—5% din hidrocarburile principale ale uleiului, cealaltă parte rămînînd din punct de vedere chimic neschimbată. Astfel, regenerarea se reduce la înlăturarea din ulei a unei mici cantități de produse de descompunere care împiedică folosirea ulterioară a uleiului. Regenerarea se face de obicei în cadrul gospodăriilor de ulei, dar pot fi amenajate și instalații mobile de regenerare. Una din metodele cele mai eficace prin care se pot restabili proprietățile

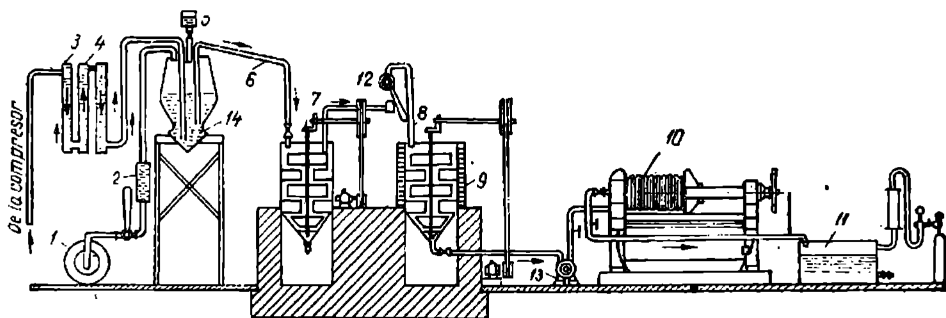


Fig. 5.6.6. Schema regenerării după ciclul: acid sulfuric-alcalii-pămînt decolorant:

1 — rezervor de ulei; 2 — filtru; 3 — cocs; 4 — var; 5 — vas de măsurare cu acid sulfuric; 6 — sifon; 7 — amestecător cu alcalii; 8 — amestecător cu pămînt decolorant; 9 — manta de abur; 10 — filtru-presă; 11 — rezervor cu ulei curat; 12—13 — pompe; 14 — amestecător cu acid.

uleiului este metoda de regenerare cu acid, alcalii și pămînt decolorant (fig. 5.6.6).

Uleiul rece sau puțin încălzit se ia din rezervorul 1 și, cu pompa 12, se trece prin filtrul 2 ajungînd în amestecătorul cu acid 14, unde se tratează cu acid sulfuric de concentrație 95% timp de 1 oră. Acidul

sulfuric intră în rezervorul *14*, din rezervorul *5*, prin cădere liberă. Amestecul uleiului cu acidul sulfuric se face prin barbotare cu aer comprimat, uscat la trecerea prin recipienții *3* și *4* în care se găsesc cocs și var. Acidul sulfuric, care este în proporție de 0,5—1% în raport cu cantitatea de ulei, leagă compușii nestabili și îi transformă în gudroane acide. După tratarea cu acid, uleiul se lasă să decanteze timp de 2 ore, iar gudroanele acide se îndepărtează.

Urmează a doua operație, alcalinizarea, care are ca scop neutralizarea resturilor de acid sulfuric, de acizi organici și saponificarea esterilor și a altor substanțe care nu au fost atacate de acidul sulfuric. Uleiul traversează, prin conducta *6*, bazinul *7*, în care este încălzit și tratat cu o soluție de hidroxid de sodiu sau alte substanțe. Amestecarea se face cu un amestecător mecanic. După decantare și îndepărtarea leșiei și emulsiei formate, uleiul se spală cu apă distilată, se încălzește la 90°C suflînd prin el aer uscat pînă ce o probă de ulei va fi perfect transparentă. Cu ajutorul pompei *12*, uleiul se trece în agitatorul *8* încălzit cu serpentinele *9*, unde se amestecă cu pămînt decolorant pînă la completa îndepărtare a urmelor de acizi și alcalii. Cu ajutorul pompei *13*, uleiul se trece prin filtrul *10* și se depozitează în rezervorul de ulei curat *11*.

Deși această metodă dă rezultate foarte bune, este complexă și durează mult timp. În cazul în care uleiul nu are un grad înaintat de îmbătrînire, indicele de aciditate organică este 0,4—0,6 mg KOH, se pot utiliza cicluri reduse acid — pămînt decolorant sau alcalii — pămînt decolorant. În ultimul timp s-au răspîndit metode care se bazează pe fenomenul de absorbție a produselor de oxidare din ulei. Pentru regenerarea uleiului se utilizează absorbanți naturali sau artificiali, cum sînt cărbunele amorf sau activat, diverși silicați de aluminiu naturali denumiți pămînturi decolorante, silicagelul, oxidul de aluminiu activat etc.

Regenerarea uleiului cu ajutorul absorbanților se poate face în două feluri:

— uleiul se amestecă cu absorbantul măcinat mărunt la temperaturi ridicate și pe urmă se filtrează — metoda de contact. Ca absorbant se utilizează pămînturi decolorante;

— uleiul se filtrează printr-un strat de absorbant — metoda filtrării sau percolării. Ca absorbant se folosește silicagelul și alumina activată.

Pentru regenerarea uleiurilor din echipamentele în funcțiune se amenajează instalații mobile de regenerare montate de obicei pe re-

morci cu pneuri. Acestea se compun (fig. 5.6.7) din rezervoarele 8 și 9 pentru uleiul oxidat și respectiv regenerat, absorberul *1*, decantorul *2*, pompele de ulei *3*, filtru presă *5*, centrifuga *6*, încălzitorul *7* și o serie de aparate de măsurat conducte și ventile.

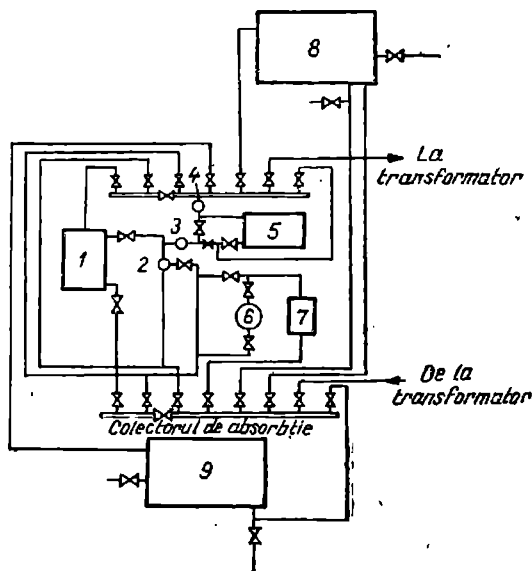


Fig. 5.6.7. Schema instalației mobile de regenerare a uleiului.

5.6.5. SCHIMBAREA ULEIULUI DIN TRANSFORMATOARE

Înrăutățirea caracteristicilor normate ale uleiurilor electroizolante în timpul funcționării echipamentului electric necesită înlocuirea lui, atunci cînd sînt depășite valorile-limită indicate în normativ și uleiul nu mai poate fi recondiționat.

Uleiul electroizolant scos ca necorespunzător dintr-un tip de echipament se poate reutiliza la un alt echipament, care implică condiții mai puțin severe și dacă se încadrează în prevederile normativului.

Schimbarea uleiului din transformatoarele de măsură. Uleiul degradat din transformatoarele de măsură trebuie înlocuit în ateliere de reparat mașini electrice, pentru ca o dată cu schimbarea uleiului

să se poată inspecta și interiorul transformatoarelor, iar după umplerea cu ulei nou, să se poată verifica la standul de probă.

Uleiul degradat din transformatoarele de măsură se poate schimba și în stațiile de transformare, la locul de montaj, dacă sînt îndeplinite următoarele condiții:

a) înlocuirea se face pe timp frumos, fără vînt și cu umiditate scăzută;

b) curățirea interiorului se face cu jet de ulei;

c) umplerea cu ulei se face sub vid, respectîndu-se tehnologia din atelier și nedepășind debitul de 100 l/h;

d) executarea măsurătorilor de ulei și global la transformator se fac înainte de înlocuirea uleiului vechi și după înlocuirea cu cel nou conform normativului.

Schimbarea uleiului din transformatoarele de putere. Uleiul degradat din transformatoarele de putere se va schimba, de regulă, în atelierele de reparații.

Uleiul degradat din transformatoarele de putere se poate schimba și în stațiile de transformare, la locul de montare, în următoarele condiții:

a) pomparea uleiului din cuvă în rezervor sau în autocisternă se va face înainte ca uleiul și partea activă a transformatorului să se răcească;

b) în locul uleiului se introduce azot, din butelii sub presiune, pregătite în acest scop;

c) se așteaptă 24 ore pentru scurgerea uleiului de pe partea activă a transformatorului și uleiul adunat se elimină într-un butoi prin ventilul de fund montat la baza cuvei;

d) în interiorul cuvei se realizează un vid înaintat (valoarea vidului se va stabili funcție de rezistența mecanică a cuvei) timp de 16—36 ore. Absorbția pompei de vid se va face pe la ventilul de jos al cuvei, pentru că dacă se face pe la partea superioară a cuvei, se antrenează eventualele sedimentări datorite îmbătrînirii izolației sau uleiului și se improșcă izolația bobinelor transformatorului cu acestea. După realizarea vidului cu absorbție pe la partea inferioară, se va face un vid pe la partea superioară timp de 1—10 ore, operația fiind necesară pentru îndepărtarea bulelor de aer din izolația transformatorului, eliminîndu-se astfel descărcările parțiale în timpul funcționării;

e) se umple transformatorul cu uleiul adus în autocisterne cu ajutorul instalației de recondiționare fizică, nedepășind debitul de 2 000 l/h;

f) după 24 ore se recoltează o probă de ulei pentru analiza redusă (rigiditatea dielectrică trebuie să fie mai mare decît valorile indicate în tabelul 5.6.1 și se pune sub tensiune transformatorul;

g) uleiul nou se omogenizează cu cel rămas în porii izolației de celuloză după circa 1 000 ore de funcționare, cînd caracteristicile uleiului se determină printr-o analiză completă.

5.6.6. PRELUNGIREA DURATEI DE UTILIZARE A ULEIULUI DIN TRANSFORMATOARE

Cheltuielile de exploatare generate de degradarea mediului izolant din transformatoare pot fi diminuate prin prelungirea duratei de utilizare a uleiului.

Mijloacele utilizate pentru atingerea acestui obiectiv sînt:

Eliminarea contactului direct al uleiului electroizolant cu aerul atmosferic, prin menținerea unei perne de azot în conservatorul de ulei, separarea spațiului de aer și de ulei al conservatorului printr-o membrană elastică sau alte soluții constructive.

Aditivarea uleiului electroizolant cu aditivi antioxidanți care frînează procesele de oxidare și împiedică, atît timp cît concentrația lor nu scade sub anumite limite, degradarea uleiului.

Uleiul de transformator fabricat conform STAS 811 nu conține aditivi.

În sistemul energetic național există transformatoare cu ulei aditivat provenit din import și transformatoare cu uleiuri electroizolante (STAS 811) aditivate cu FBN (fenil-β-naftilamină) — aditiv antioxidant. Uleiurile aditivate din transformatoare trebuie urmărite prin analize speciale.

Completarea nivelului de ulei din conservator pînă la limitele prescrise se va face:

a) la transformatoarele cu ulei neaditivat, cu același sort de ulei (STAS 811) nou, recondiționat fizic;

b) la transformatoarele cu ulei aditivat provenit din import, numai cu ulei din același sort, conform prescripțiilor furnizorului echipamentului;

c) la transformatoarele cu ulei aditivat cu FBN, numai cu ulei nou (STAS 811) aditivat cu FBN.

Completările cu cantități mari de ulei nou, care depășesc 30% (în cazuri de pierderi masive) în transformatoare cu ulei vechi se recomandă să se facă după efectuarea determinării compatibilității celor două uleiuri.

În transformatoarele avariate ale căror defecțiuni au fost remediate în atelierele de reparat mașini electrice, se va introduce numai ulei nou, recondiționat fizic.

Condiții tehnice de calitate ale uleiului electroizolant Tr. 30 nou sînt impuse prin STAS 811 și sînt indicate în tabelul 5.6.2.

Caracteristicile tehnice de calitate ale uleiului electroizolant neaditivat, pentru transformatoare și întreruptoare electrice tip Tr. 30

Nr. crt.	Caracteristici		Metode de analiză
0	1	2	3
1	Aspect	Limpede, fără suspensii	Vizual
2	Densitate la 20°C, max.	0,890	STAS 35
3	Viscozitate cinematică cSt: — la 20°C max. — la 50°C max. — la −15°C max.	 30 10 800	STAS 117
4	Viscozitate convențională la 20°C, °E, max.	4	
5	Punct de inflamabilitate MP, °C, max.	140	STAS 5488
6	Punct de congelare, °C, max.	—40	STAS 39
7	Indice de neutralizare mg KOH/g, max.	0,03	STAS 23
8	Aciditate minerală și alcalinitate	Lipsă	STAS 22
9	Impurități mecanice, % gr.	Lipsă	STAS 33
10	Coroziune	Negativ	STAS 40 metoda II
11	Furfurol	Lipsă	STAS 3663
12	Rigiditate dielectrică, kV/cm, min.: — la ulei netratat — la ulei tratat	 120 200	STAS 286
13	Tangenta unghiului de pierderi dielectrice la 90°C, max.	$5 \cdot 10^{-3}$	STAS 6799
14	Stabilitatea la oxidare: — aciditate organică, mg KOH/g, max. — gudroane, % gr., max. — tangenta unghiului de pierderi dielectrice la 90°C. max.	 0,35 0,10 $150 \cdot 10^{-3}$	STAS 6798

5.6.7. ULEIUL ELECTROIZOLANT PENTRU ÎNTRERUPTOARE

În întreruptoarele de înaltă tensiune, indiferent de tip, se introduce ulei Tr 30 (STAS 811).

Uleiul Tr 30 din întreruptoare poate fi menţinut în exploatare pînă cînd rigiditatea dielectrică se menţine în limitele prevăzute în tabelul 5.6.1.

Dispozitivele hidraulice de acţionare MOP funcţionează cu ulei ET 10, ale cărui proprietăţi fizico-chimice trebuie să corespundă STAS 10130 şi sînt indicate în tabelul 5.6.3.

Tabelul 5.6.3

Caracteristicile tehnice de calitate ale uleiului electroizolant pentru dispozitivele de comandă electropneumatice ale întreruptoarelor de înaltă tensiune tip ET 10

Nr. crt.	Caracteristici		Metode de analiză
0	1	2	3
1	Aspect	Limpede	Vizual
2	Culoare	Roşie	Vizual
3	Densitate relativă la 20 °C, max.	0,870	STAS 35
4	Viscozitate cinematică, cSt : — la 50°C, min. — la —40°C ,max.	 10 500	STAS 117
5	Viscozitate convenţională la 50°C, °E, min.	1,84	
6	Punct de inflamabilitate M, °C, min.	93	STAS 5489
7	Indice de neutralizare mg KOH/g, max.	0,05	STAS 23
8	Rigiditate dielectrică la proba uscată kV/cm, min.	140	STAS 286
9	Tangenta unghiului de pierderi dielectrice la 70°C, max.	$12 \cdot 10^{-3}$	STAS 6799
10	Stabilitatea la oxidare la 100°C timp de 168 ore : — pierderi prin coroziune pe cupru şi pe oţel mg/cm², max. — viscozitate cinematică cSt : — la 50 °C, min.	 0,1 9,5	pct. 4.1
	— la —40°C, max.	700	
	— aciditate organică, mg KOH/g, max.	0,5	
11	Rezistivitatea de volum la 20°C, Ω cm, min.	$1{,}5 \cdot 10^{14}$	STAS 7040

Observaţii. — Uleiul ET. 10 se va colora în roşu, pentru a putea fi deosebit de celelalte uleiuri.

— Viscozitatea convenţională şi rezistivitatea de volum sînt informative.

— În buletinul de analiză se va înscrie şi valoarea rigidităţii dielectrice, conform STAS 286. la proba de ulei ca atare.

Pentru controlul uleiului ET 10, se colectează prin robinetul de golire a rezervorului, un litru de ulei, care se supune probelor electrice — (anual se efectuează rigiditatea dielectrică și la 2 ani tgδ la 70°C).

La 4 ani de la umplerea cu ulei, se golește rezervorul de joasă presiune al dispozitivului MOP, se curăță depunerile prin spălare cu ulei din același tip și se reumple cu ulei ET 10, avînd valori pentru rigiditate dielectrică şi tangenta unghiului de pierderi dielectrice conform valorilor limită indicate. Buletinele de analiză ale uleiului vor fi anexate la procesul verbal de revizie a mecanismului.

Uleiul ET 10 înlocuit din cauza rigidității dielectrice necorespunzătoare se colectează în butoaie și, dacă există posibilități, se recondiționează fizic într-o instalație de recondiționare fizică cu debit mic, utilizată exclusiv în acest scop.

Este contraindicat ca tipurile de ulei Tr 30 şi ET 10 să fie recondiționate în aceeași instalație.

Uleiul ET 10 cu pierderi dielectrice necorespunzătoare se colectează în butoaie și se predă organelor de colectare ale PECO.

5.6.8. DOTAREA LABORATORULUI DE ULEI

Laboratorul de pe lîngă gospodăria de ulei trebuie să fie astfel dotat încît să poată efectua toate analizele necesare controlului uleiurilor în exploatare conform tabelului 5.6.1.

Tabelul 5.6.4

Dotarea laboratorului de uleiuri

Nr. crt.	Aparat sau materiale
0	1
1	Aparat pentru determinarea rigidității dielectrice cu scală pînă la 60 kV
2	Aparat pentru determinarea tg δ/90°C
3	Aparat pentru determinarea viscozității cinematice
4	Balanța Mohr-Westphal pentru determinarea densității
5	Aparat pentru determinarea punctului de inflamabilitate Marcusson
6	Etuvă termoreglabilă 100—200°C
7	Balanță de torsiune pentru determinarea tensiunii interfaciale
8	Pompă de vid pentru laborator, debit evacuat 5 m³/oră, alimentare la 220 V sau 380 V

0	1
9	Microbiuretă de 1,5—2 cm^3
10	Exicatoare + diverse materiale pentru laborator
11	Sticlărie de laborator
12	Seturi termometre laborator
13	Reactivi pentru analiză
14	Balanță tehnică
15	Balanță analitică

În tabelul 5.6.4 se prezintă o dotare minimă, care ține seama de posibilitățile actuale de procurare a aparaturii.

Laboratorul va fi dotat cu ventilație corespunzătoare și cu mese de lucru placate cu gresie sau faianță.

ORGANIZAREA EXPLOATĂRII ȘI ÎNTREȚINERII STAȚIILOR ELECTRICE ȘI POSTURILOR DE TRANSFORMARE

6.1. EXPLOATAREA STAȚIILOR ELECTRICE ȘI A POSTURILOR DE TRANSFORMARE

6.1.1. CONSIDERAȚII GENERALE

Stațiile electrice și posturile de transformare sînt instalații energetice complexe, care cuprind un număr variat de fonduri fixe : construcții, aparataje, echipamente, utilaje etc., de a căror funcționare normală depinde continuitatea alimentării cu energie electrică a consumatorilor.

Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice nu înseamnă numai fiabilitate potențială (de proiect), ci și fiabilitate operațională (în funcțiune), care depinde în mod direct de modul în care sînt exploatate și întreținute aceste instalații.

Pentru o funcționare sigură și economică a stațiilor și posturilor de transformare, ca de altfel a tuturor instalațiilor energetice, este necesar să se desfășoare o activitate atentă de exploatare și să se aplice un sistem preventiv planificat de întreținere și reparații. Prin acest sistem se urmărește diminuarea în măsură din ce în ce mai mare a reparațiilor accidentale (neplanificate) și creșterea ponderii lucrărilor cu caracter preventiv planificat. Consecința firească a acestui sistem de exploatare și întreținere este reducerea duratelor totale de indisponibilitate, respectiv creșterea capacităților de funcționare a instalațiilor.

Pentru menținerea în stare de funcționare și pentru evitarea avariilor și a întreruperilor accidentale, la fondurile fixe energetice se efectuează :

— lucrări de exploatare (E) ;
— lucrări de reparații (R).

Desfăşurarea activităţii de exploatare şi întreţinere în cadrul unui astfel de sistem organizat, în continuă perfecţionare, asigurarea dezvoltării capacităţilor de reparare în funcţie de starea fizică a instalaţiilor respective, programarea, pregătirea din timp şi executarea, cu caracter preventiv, a lucrărilor, precum şi ţinerea unei evidenţe statistice complete privind lucrările de exploatare şi întreţinere, asigură prevenirea unei uzuri premature şi a defecţiunilor accidentale şi conferă staţiilor electrice şi posturilor de transformare un grad ridicat de siguranţă în funcţionare.

6.1.2. PRINCIPIILE DE ORGANIZARE A EXPLOATĂRII

Exploatarea (E) cuprinde ansamblul de operaţii şi activităţi care au drept scop asigurarea continuităţii proceselor de producere, transport, distribuţie şi furnizare a energiei electrice în condiţii tehnico-economice şi de siguranţă corespunzătoare.

Lucrările de exploatare (E) constau din:
— lucrări operative (LO);
— întreţinere curentă (IC);
— intervenţie accidentală (IA).

Lucrările operative (LO) cuprind:
— supravegherea instalaţiilor (S);
— executarea manevrelor programate şi accidentale (M);
— executarea controlului curent în instalaţii (C).

În afara acestor lucrări operative, în sarcina personalului de exploatare, mai stau lucrările de întreţinere curentă (IC) care cuprind:
— lucrările de întreţinere curentă periodică (IC_p);
— lucrările de întreţinere curentă neperiodică (IC_n).

Întreţinerea curentă (IC) cuprinde ansamblul de operaţii, de volum redus, executate periodic sau neprogramat în exploatare, avînd drept scop prevenirea unor deteriorări, avarii sau incidente.

Lucrările de întreţinere curentă periodice sînt cele prevăzute în instrucţiunile furnizorilor de echipamente, regulamentele de exploatare tehnică, instrucţiunile tehnice interne, cuprinzînd, de exemplu: completări ale nivelului de lubrefianţi sau fluide izolante, curăţiri exterioare sau interioare ale elementelor componente ale instalaţiilor, măsurători şi încercări profilactice ale instalaţiilor etc.

Lucrările de întreţinere curentă neperiodic sînt lucrări de mică amploare, executate în scopul prevenirii sau eliminării deteriorărilor, avariilor, sau incidentelor, cum ar fi, de exemplu: lucrări de remediere la unele subansambluri, reglări, strîngeri de contacte, înlocuiri de siguranţe, eliminări de neetanşeităţi etc.

Tot în sarcina personalului de exploatare revin și unele lucrări de intervenții accidentale (IA).

Intervenția accidentală (IA) cuprinde complexul de lucrări ce se execută pentru remedierea deranjamentelor, incidentelor și avariilor care apar accidental în instalațiile aflate în regim normal de exploatare sau ca urmare a efectelor produse de fenomene naturale deosebite (cutremur, incendii, furtuni distrugătoare, inundații, alunecări de teren, prăbușiri etc.). Intervențiile accidentale, funcție de volumul lor, pot avea și caracterul lucrărilor de reparații, însă cele de volum mic, care — conform prevederilor instrucțiunilor tehnice interne sau a atribuțiilor de serviciu, cad în sarcina personalului de exploatare — intră în categoria lucrărilor de exploatare.

După felul deservirii cu personal, stațiile electrice, posturile de transformare și punctele de alimentare se împart în următoarele categorii de instalații energetice:

— instalații cu personal permanent de exploatare;
— instalații cu personal de exploatare la domiciliu;
— instalații fără personal de exploatare.

În timpul funcționării acestor instalații se efectuează următoarele operații de supraveghere și controale:

a) *Supravegherea curentă*, asigurată prin personalul permanent de exploatare și care se referă la:

— gradul de încălzire;
— tensiuni;
— sarcini active, reactive, frecvență;
— presiunea aerului în conductele pentru instalații cu aer comprimat;
— temperaturi;
— relee de protecție și semnalizare;
— citirea instrumentelor de măsurat;
— supravegherea instalațiilor de climatizare în funcție de starea timpului și controlul gradului de poluare a instalațiilor;
— existența efluviilor pe timp de ceață.

b) *Supravegheri periodice*, prin examinare vizuală, la care se verifică:

— starea cuvelor la aparatele cu ulei;
— nivelul uleiului în cuve sau al expansinei;
— starea silicagelului din filtrul de aer;
— starea aparatelor de conectare (dacă sînt bine închise);
— starea izolatoarelor (dacă nu se produc pe ele efluvii, dacă au urme de conturnări, murdărirea izolatoarelor, fisuri etc.);
— zgomote produse în funcționarea echipamentelor și caracterul acestor zgomote;

— starea elementelor de legătură (bare, cabluri) încălziri locale, scurgeri de ulei, ciupituri provocate de arcul electric etc. ;
— buna funcționare a sistemelor de răcire ;
— starea încăperilor, a ușilor, a ferestrelor, a încuietorilor, a iluminatului, a curățeniei încăperilor ;
— starea legăturilor la pămînt de protecție sau de exploatare ;
— starea legăturilor telefonice ;
— încărcarea instalațiilor care nu au personal de tură ;
— grosimea depunerilor de chiciură.
c) *Controale efectuate de personalul tehnic și ingineresc.*
d) *Controale neperiodice.*

În funcție de categoria de deservire cu personal a instalațiilor respective, de importanța și complexitatea instalațiilor se stabilesc periodicitățile pentru supraveghere și control, în condiții de exploatare normală a instalațiilor, recomandîndu-se următoarele :

— pentru instalațiile cu personal permanent, de două ori pe schimb, respectiv la preluarea și la mijlocul schimbului. La preluarea schimbului vor fi verificate obligatoriu modificările apărute în instalații în schimbul precedent și unele locuri caracteristice pentru stația respectivă. Controlul în timpul schimbului va cuprinde toate instalațiile aferente stației respective. Dacă există televiziune cu circuit închis, periodicitatea supravegherii instalațiilor și formațiilor cînd execută lucrări se va stabili în funcție de complexitatea acestora ;

— pentru instalațiile cu personal de supraveghere la domiciliu, de trei ori în 24 de ore, astfel : un control la preluarea schimbului, unul la predare și unul în cursul schimbului.

În ambele cazuri indicate mai sus unul din controalele din schimbul de noapte se va face cu iluminatul stins, pentru a se observa existența descărcărilor sau a contactelor slabe ;

— pentru stațiile fără personal permanent, un control pe lună, programat în perioada sarcinilor maxime. Cel puțin o dată la două luni controlul va fi efectuat pe timp de noapte ;

— pentru posturi de transformare și puncte de alimentare, un control pe an, care poate să se suprapună și cu revizia postului în anul de programare a reviziei acestuia.

Controalele tehnico-inginerești în instalații vor fi programate pe baza unor grafice.

Controalele neperiodice se efectuează cu ocazia unor evenimente deosebite, cum sînt :

— incidente sistematice sau avarii în instalație ;

— manevre în instalație ;

— fenomene naturale deosebite în zona instalației (furtuni cu descărcări atmosferice, înzăpeziri, inundații etc.).

Aceste controale se execută din inițiativă proprie de către personalul din tură în cazul deservirii permanente sau de la domiciliu, iar cele fără personal permanent, la dispoziția dispecerului sau a organelor de conducere a exploatării.

6.1.3. OBLIGAȚIILE PERSONALULUI DE EXPLOATARE

Personalul de exploatare în tură răspunde nemijlocit de funcționarea, în condiții de siguranță și potrivit regimului de lucru stabilit, a instalațiilor (electrice, mecanice), a utilajelor și mașinilor pe care le are în primire, în care scop are următoarele obligații cu caracter general:

a) să cunoască caracteristicile constructive și funcționale ale instalațiilor, utilajelor și mașinilor la care lucrează, să aplice întocmai normele de funcționare și întreținere curentă a acestora, de protecție a muncii și prevenire a incendiilor;

b) să asigure supravegherea permanentă a instalațiilor, utilajelor și mașinilor și a celorlalte mijloace încredințate, să verifice buna funcționare a dispozitivelor de siguranță, a aparaturii de măsurat și control;

c) să folosească și să păstreze, în conformitate cu regulile stabilite, echipamentul de protecție și dispozitivele de siguranță;

d) să se prezinte la serviciu în deplină capacitate de muncă, pentru a putea executa în bune condiții sarcinile ce îi revin;

e) să aducă de îndată la cunoștință conducătorului locului de muncă orice nereguli, defecțiune, anomalie sau altă situație de natură să constituie un pericol, pe care le constată la locul de muncă, precum și orice încălcare a normelor de protecție a muncii sau de prevenire a incendiilor;

f) să nu părăsească locul de muncă fără aprobarea șefului operativ ierarhic; în timpul serviciului să se preocupe permanent de buna desfășurare a activității;

g) să ia măsuri urgente de lichidare a avariilor și accidentelor atunci cînd se produc;

h) să respecte regulile de acces în unitatea în care lucrează și să nu primească persoane străine în incinta unității decît în conformitate cu dispozițiile în vigoare;

i) să respecte cu strictețe, dispozițiile referitoare la predarea-primirea organizată a schimbului;

j) să îndeplinească întocmai îndatoririle de serviciu, să prevină orice faptă care ar putea pune în pericol securitatea personalului și integri-

tatea instalaţiilor, utilajelor, maşinilor şi altor bunuri, să înlăture operativ orice situaţii care ar putea constitui o sursă de pericol.

Personalul de deservire operativă în tură este obligat să lucreze în conformitate cu graficul aprobat de şeful subunităţii respective; în cazuri excepţionale, se admite înlocuirea unei persoane din tură cu alta, dar numai cu aprobarea şefului respectiv.

Se interzice prestarea serviciului în două schimburi consecutive.

Orice persoană care prestează serviciul de tură, venind la lucru trebuie să preia schimbul de la persoana din tura precedentă, iar după terminarea lucrului să predea serviciul persoanei din tura următoare.

Plecarea din serviciu fără predarea schimbului este interzisă, indiferent dacă echipamentul deservit este în funcţiune sau rezervă.

Şeful de tură care predă serviciul va verifica dacă persoana prezentată pentru preluarea schimbului este cea prevăzută în grafic şi dacă este aptă pentru prestarea serviciului.

La sfîrşitul programului, personalul de exploatare în tură este obligat să comunice personalului care preia serviciul toate modificările intervenite in funcţionarea instalaţiilor şi agregatelor deservite şi să atragă acestuia atenţia asupra instalaţiilor şi echipamentelor care necesită o supraveghere deosebită.

Şeful de tură care preia serviciul va verifica prezenţa la serviciu, conform graficului de tură, a personalului din subordine şi dacă acest personal este apt pentru prestarea serviciului.

În cazul în care, se constată abateri neaprobate de la graficul de tură sau persoane inapte de a executa serviciul, şeful de tură care a făcut constatarea va anunţa imediat pe şeful unităţii de exploatare pentru luarea unor măsuri operative şi nu va permite preluarea-predarea serviciului pentru zona de deservire respectivă decît cu aprobarea şi în condiţiile indicate de acesta.

La preluarea serviciului, personalul care intră în schimb are următoarele obligaţii:

a) să se prezinte la locul de muncă odihnit şi echipat de lucru, în timp util, apt pentru efectuarea serviciului în condiţii de siguranţă;

b) să ia cunoştinţă de însemnările înscrise în evidenţele tehnico-operative şi de dispoziţiile primite din partea conducerii unităţii de la ultima sa predare de schimb;

c) să se informeze asupra stării echipamentelor aflate în exploatare, asupra abaterilor de la schema normală a instalaţiilor, asupra defecţiunilor apărute în instalaţii, asupra situaţiei mijloacelor P.S.I., de protecţie a muncii şi prim-ajutor, precum şi asupra modificărilor ce urmează să se efectueze în schimbul său (retrageri din exploatare, treceri în altă stare a echipamentelor din exploatare, modificări în instalaţiile de comutaţie primară, modificări în instalaţiile de protecţie, automatizări etc.);

d) să ia cunoștință de schema de funcționare și de abaterile de la schema normală, prin verificarea acestora direct în instalații ;

e) să ia cunoștință de parametrii de funcționare a echipamentelor prin verificarea directă a unor parametrii principali precizați prin instrucțiunile de serviciu ale postului respectiv ;

f) să se informeze asupra stadiului lucrărilor de reparație, precum și asupra stării echipamentelor aflate în rezervă ;

g) să verifice funcționarea semnalizărilor optice și acustice din instalații, precum și a iluminatului de siguranță, a circuitelor telefonice și stațiilor radio din dotare ;

h) să verifice existența și starea mijloacelor de protecție a muncii de folosință comună din dotare, existența și starea sculelor și dispozitivelor de lucru și de manevră din inventar și existența la tabloul special amenajat la punctul de comandă, a cheilor de acces în instalații, precum și starea curățeniei în instalații ;

i) să raporteze șefului ierarhic operativ (șeful de tură) constatările făcute în urma controlului în instalație, să-l informeze în detaliu asupra stării instalațiilor și a echipamentelor din zona de deservire și să semneze de preluare în raportul de exploatare după primirea de la șef a aprobării de preluare a serviciului ;

j) după primirea raportului de la personalul în subordine asupra situației constatate în zonele de deservire și a controalelor și verificărilor făcute personal, șeful de tură care preia serviciul va semna procesul verbal de predare-primire întocmit de șeful de tură care predă schimbul, după care dă aprobare personalului din subordine să preia serviciul ;

k) controlul în instalație pentru preluarea-predarea serviciului se face de către persoana care preia împreună cu persoana care predă serviciul, prin parcurgerea traseului de rond stabilit pentru locul de muncă respectiv.

Stabilirea punctelor de control (rondului) la preluarea-predarea schimbului, precum și a detaliilor organizatorice privind efectuarea acestui control, se reglementează prin instrucțiuni tehnice interne sau atribuții de serviciu.

La preluarea serviciului, șeful de tură al punctului de intervenție pentru lichidarea deranjamentelor și avariilor din rețelele electrice și posturile de transformare și din stațiile electrice are în plus următoarele obligații :

l) să verifice existența și starea mijloacelor de transport auto și speciale repartizate ;

m) să verifice existența și starea mijloacelor de protecție a muncii individuale, a sculelor și dispozitivelor de lucru și manevră aflate în dotarea echipelor sau în dotarea individuală a personalului din subordine și să rețină pe cele necorespunzătoare ;

n) să se informeze asupra stadiului de rezolvare a reclamaţiilor primite şi să verifice registrul de reclamaţii de la ultima sa predare de schimb;

o) după informarea persoanei care preia schimbul şi efectuarea verificărilor menţionate mai sus, se vor întocmi formele de predare-primire în conformitate cu reglementările existente şi se va semna procesul verbal de predare-primire de către cei doi şefi de tură, cu indicarea orei exacte la care s-a făcut schimbul.

Se interzice predarea şi preluarea serviciului în cazul în care:

— nu există ordine şi curăţenie în instalaţie;

— în timpul lichidării avariilor;

— în timpul executării de manevre.

Se interzice predarea şi preluarea serviciului în cazul în care se constată că evidenţele tehnico-operative ale turei precedente, care trebuie întocmite în conformitate cu reglementările în vigoare, sînt incomplete sau necorespunzătoare.

În timpul schimbului, fiecare persoană din tură este direct răspunzătoare de exploatarea sigură şi economică a întregii instalaţii pe care o deserveşte şi este direct responsabilă de producerea avariilor, incendiilor, accidentelor de muncă sau a altor anomalii în funcţionare, provocate de nerespectarea instrucţiunilor.

Personalul de exploatare în tură este obligat să menţină regimul cel mai sigur şi mai economic în funcţionarea instalaţiilor, în conformitate cu regulamentul de exploatare, instrucţiunile tehnice interne, graficele de regim şi dispoziţiile personalului ierarhic superior pe linie operativă sau tehnico-administrativă.

Personalul de exploatare în tură din staţii este obligat să înregistreze la timp datele de funcţionare ale instalaţiilor pe care le deserveşte, în formularele şi registrele de evidenţă. Este obligat să efectueze cu regularitate controale periodice în instalaţiile pe care le deserveşte, pe baza unui grafic de control, pe traseul de rond precizat de instrucţiunile tehnice interne sau atribuţiile de serviciu.

Graficul de control trebuie să cuprindă locurile din instalaţii ce trebuie controlate, periodicitatea de control, lucrările de întreţinere curentă periodice şi persoana responsabilă cu efectuarea acestora.

Instrucţiunile tehnice interne referitoare la controlul instalaţiilor trebuie să cuprindă modul în care se face controlul sau verificarea fiecărui echipament din instalaţie, elementele sau parametrii de funcţionare care trebuie verificaţi în mod special în timpul funcţionării. De asemenea cu ocazia acestui control se va verifica şi dotarea P.S.I.

Efectuarea controlului în timpul schimbului conform graficului se va menţiona imediat în registrul de tură şi, după caz, în fişele de rond existente în instalaţie. Eventualele deficienţe în funcţionare sau defec-

țiuni constatate vor fi raportate șefului ierarhic operativ și se vor evidenția, după caz, în raportul de exploatare, în registrul de tură sau în registrul special pentru consemnarea defecțiunilor echipamentului din exploatare.

În cazul în care înlăturarea deficiențelor sau defecțiunilor constatate comportă lucrări de mică amploare, stabilite prin ITI ca fiind lucrări de întreținere curentă, ele se vor executa de către personalul de exploatare.

Lucrările de mai mare amploare urmează regimul „intervențiilor accidentale", care pot avea și caracterul lucrărilor de reparații.

La stații fără personal permanent de exploatare în tură, la posturile de transformare și punctele de alimentare controlul periodic se va executa de asemenea pe baza unui grafic de control și a instrucțiunilor tehnice interne referitoare la controlul echipamentului, iar consemnarea efectuării controlului, evidențierea și remedierea deficiențelor constatate va avea același regim cu cel menționat pentru stațiile cu personal permanent în tură.

Îndatoririle personalului de exploatare în tură la pregătirea și executarea manevrelor în instalații (manevre în regim normal de funcționare, manevre în caz de incidente și avarii, manevre în caz de accident, manevre în cazul efectuării probelor, manevre pentru darea în exploatare a echipamentelor sau pentru retragerea definitivă din exploatare a acestora) sînt indicate în subcap. 6.2.

6.1.4. DOCUMENTAȚIA TEHNICĂ ÎN EXPLOATARE

La fiecare unitate importantă de exploatare (stație electrică, secție sau centru de înaltă tensiune și distribuție) trebuie să existe următoarele documente necesare exploatării:

a) actele de posesie și planurile de situație ale terenurilor;

b) planurile generale, cu amplasarea construcțiilor și instalațiilor aflate în exploatarea unităților respective (inclusiv ale instalațiilor subterane);

c) planurile clădirilor sau ale construcțiilor speciale, avînd notate toate modificările sau completările făcute după luarea lor în primire;

d) studiile, datele geologice, geotehnice și hidrologice cu privire la terenurile pe care sînt amplasate instalațiile aflate în exploatare;

e) procesele-verbale de constatare în timpul execuției și planurile de execuție ale părților de lucrări sau ale instalațiilor ascunse (fundații, zidării, canalizări etc.);

f) proiectele de execuție a lucrărilor, cuprinzînd memoriile tehnice, devizele și analizele de prețuri, planurile și schemele instalațiilor etc.;

g) documentele de recepție, preluare și lichidare a lucrărilor :

— procesele verbale de măsuri cantitative de execuție ;

— procesele verbale de verificări și probe (inclusiv probele de verificare a parametrilor și performanțelor garantate, a buletinelor de verificări și încercări și a indicilor tehnico-economici de funcționare etc.) ;

— procesele verbale de punere în funcțiune ;

— procesele verbale de predare în exploatare ;

— procesele verbale de recepție și încheiere a investițiilor ;

— lista echipamentelor din țară și din import montate în instalații (inventarul și caracteristicile tehnice) ;

— documentele de aprobare a recepțiilor și de predare în exploatare ;

— procesele verbale încheiate între executanți și organele de exploatare (care au preluat mijlocul fix) prin care se consemnează lichidarea observațiilor și a remedierilor ;

h) schemele de funcționare a instalațiilor, planurile de ansamblu, desenele de detaliu corectate conform situației de pe teren, planurile de ansamblu și de detaliu ale fiecărei instalații, inclusiv planurile și cataloagele pieselor de schimb ;

i) instrucțiunile fabricilor furnizoare și ale unităților pentru manipularea, exploatarea, întreținerea și reparația echipamentelor și instalațiilor, precum și cărțile (fișele) tehnice ale echipamentelor principale ale instalațiilor complexe, cartea construcțiilor etc. ;

j) normele generale și locale (speciale) de protecție a muncii specifice fiecărui echipament, fiecărei instalații sau fiecărei activități ce se desfășoară în unitatea respectivă ;

k) instrucțiunile cu privire la prevenirea și stingerea incendiilor. Planul de dotare și amplasare a mijloacelor P.S.I., planul de apărare a obiectivului în caz de incendiu, calamități sau alte situații excepționale ;

l) regulamentul de organizare și funcționare (ROF) și atribuțiile de serviciu, cu drepturile și obligațiile întregului personal ;

m) avizele și autorizațiile legale de funcționare pentru clădiri, laboratoare, instalații de ardere etc. (inclusiv pentru clădirile stațiilor de transformare), obținute de la organele de stat autorizate pentru controlul în domeniul respectiv (Inspecția de stat pentru igienă, organele Ministerului de Interne pentru prevenirea și stingerea incendiilor, organul local de stat pentru metrologie etc.) ;

n) inventarele instalațiilor și liniilor electrice conform instrucțiunilor în vigoare ;

o) instrucțiunile privind accesul în incintă și instalații ;

p) documentele referitoare la instruirea, examinarea și autorizarea personalului din unitate;

r) planul unic de măsuri;

s) registrul de control;

ș) convenția de exploatare;

t) registrul cu cererile de retrageri din exploatare;

ț) bilanțul energetic de proiect al obiectivului.

Documentația de bază a lucrărilor și datelor generale necesare exploatării sînt întocmite de institutele de proiectare de specialitate o dată cu proiectul lucrărilor respective și se predau titularului fondului de investiții.

Unitățile de proiectare au obligația să corecteze toate planurile de execuție, în toate exemplarele în care s-au operat modificări pe parcursul execuției și, în final, să înlocuiască aceste planuri cu altele noi, originale, actualizate conform situației reale de pe teren.

Unitățile de execuție sînt obligate ca, o dată cu predarea lucrărilor, să predea și schemele, planurile de situație și de execuție etc., modificate conform situației reale de pe teren. În cazul în care nu s-au făcut modificări față de planurile inițiale, se va preda cîte un exemplar din aceste planuri avînd pe el confirmarea prin care se arată că nu s-au făcut modificări în timpul execuției.

Organizațiile de execuție și de montaj au obligația să certifice că executarea lucrărilor s-a făcut în conformitate cu documentația întocmită de proiectant atît pentru schemele, planurile de situație și execuție etc. care au suferit modificări, cît și pentru cele care nu au suferit modificări în timpul execuției.

Unitățile de exploatare au obligația să urmărească obținerea de la executanți a documentațiilor necesare, care trebuie să corespundă situației reale de pe teren.

În timpul execuției lucrărilor se interzic abateri de la documentația întocmită de proiectant, fără avizul acestuia și al beneficiarului.

Toate unitățile de exploatare sînt obligate să-și organizeze o arhivă tehnică într-o încăpere separată pentru păstrarea documentelor de bază. Această arhivă va fi în așa fel aranjată, încît orice document să fie găsit cu ușurință.

Se vor respecta, de asemenea, cu strictețe regulile în vigoare privind păstrarea și manipularea documentelor secrete.

Pentru nevoile curente ale exploatării se vor folosi copii de pe planurile, schemele și documentele aflate în arhivă, pentru a se evita distrugerea sau pierderea originalelor.

Cărțile și fișele tehnice ale instalațiilor complexe din rețelele și stațiile electrice se întocmesc de către beneficiarul investiției, conform

datelor din proiecte și datelor cuprinse în documentele tehnice predate de furnizori sau de executanți și după datele luate direct din exploatare de pe teren, toate fiind certificate prin actele de recepție, care trebuie să confirme corespondența lor cu realitatea.

Cărțile și fișele tehnice menționate trebuie că conțină caracteristicile tehnice ale obiectivelor și instalațiilor conform precizărilor făcute în formularele tip sau în instrucțiunile de detaliu date de organele co petente.

Fișele tehnice pentru echipamentele stațiilor electrice și sectoarelor de rețele se întocmesc conform instrucțiunilor și trebuie să conțină toate datele în legătură cu caracteristicile tehnice, exploatarea, reparația și încercarea periodică de control.

Fișele tehnice se întocmesc pentru toate agregatele de bază ale rețelelor sau stațiilor de transformare, precum și pentru compensatoarele sincrone, transformatoarele, motoarele principale, pentru instalațiile de legare la pămînt, dispozitivele de protecție împotriva supratensiunilor și pentru instalațiile de telecomunicații.

Pentru recipientele care lucrează sub presiune trebuie alcătuite registrele cerute prin instrucțiunile organelor de stat pentru controlul instalațiilor.

Fișele tehnice ale echipamentelor, cărțile construcțiilor și registrele de control cerute de organele de stat pentru controlul instalațiilor se păstrează la unitatea de exploatare care a luat în primire echipamentul sau instalația respectivă.

Pentru toate agregatele de bază (echipament sau aparataj) ale stațiilor electrice va trebui să existe o evidență a lucrărilor de întreținere curentă, revizii tehnice, reparații curente și capitale.

Această evidență se va păstra astfel:

— pentru stațiile de 220÷400 kV și 110 kV care alimentează platformele nominalizate: în stație, la Centrul de Înaltă Tensiune (CIT), respectiv la secția de înaltă tensiune (SIT);

— pentru restul instalațiilor, la centre și secții.

Agregatele de bază ale stațiilor electrice (transformatoare, motoare primare, compensatoare sincrone etc.) echipamentul auxiliar (pompe, motoare), precum și principalele instalații mecanice (rezervoare, poduri rulante, macarale etc.) trebuie să fie prevăzute cu plăcuțe indicatoare cuprinzînd datele nominale stabilite de standarde sau alte prescripții tehnice pentru echipamentul respectiv.

Toate echipamentele menționate, precum și conductele, barele electrice, instalațiile independente, depozitele, trebuie să fie numerotate după un sistem care să permită identificarea rapidă și ușor vizibilă în timpul exploatării în conformitate cu normativele în vigoare.

La secțiile de distribuție, stații și PRAM, la punctele de conducere operativă a exploatării, pentru instalațiile din gestiune sau din autoritatea de decizie trebuie să se găsească atît schemele generale ale instalațiilor (scheme normale de funcționare electrice și termomecanice), cît și — după caz — cele ale diferitelor instalații auxiliare (aer comprimat, alimentarea cu apă a instalațiilor fixe de stingere a incendiilor, iluminat principal și de siguranță, amplasarea mijloacelor P.S.I. etc.) potrivit specificului activității și atribuțiilor.

Schemele trebuie să corespundă întocmai instalației existente și se vor revizui periodic. Orice modificare a instalațiilor trebuie introdusă în schema existentă respectivă, imediat după executarea modificării.

Schemele normale de funcționare trebuie să fie afișate la loc vizibil în încăperea de unde se face conducerea exploatării (dispecer de serviciu, șefi de tură, camere de comandă electrice etc.).

O colecție a schemelor principale trebuie să se găsească la dispecerul șef de tură, la coordonatorii de manevre și la șefii de tură din stațiile electrice.

Originalele tuturor schemelor, instrucțiunilor sau altor documente similare se păstrează în arhiva tehnică a întreprinderii.

Instrucțiunile tehnice interne (ITI) necesare deservirii agregatelor și conducerii operative a instalațiilor se întocmesc pe baza prescripțiilor tehnice (normative, regulamente, instrucțiuni) de exploatare și întreținere cu caracter general, pe baza datelor cuprinse în documentația tehnică primită de la uzinele constructoare, a circularelor de exploatare, a măsurilor de prevenire a avariilor, precum și pe baza experienței acumulate în exploatare, ținîndu-se seamă de condițiile locale și de specificul echipamentului respectiv.

Instrucțiunile tehnice interne trebuie să fie exacte și să nu permită interpretări diferite pentru aceeași situație, să fie scurte și să conțină date asupra echipamentului, asupra metodelor pentru controlul stării acestuia, asupra regimurilor anormale și asupra modului de înlăturare a lor.

Pentru fiecare instalație și pentru fiecare loc de muncă unde trebuie să existe instrucțiuni tehnice interne (ITI), acestea trebuie să cuprindă :

a) instrucțiuni privind drepturile, îndatoririle și responsabilitățile personalului de deservire ;

b) instrucțiuni pentru exploatarea echipamentelor, care vor cuprinde următoarele :

— descrierea construcției și funcționării echipamentului, inclusiv scheme și schițe explicative ;

— reguli referitoare la deservirea echipamentelor în condițiile unei exploatări normale (manevre de pornire-oprire, de funcționare, de punere și scoatere de sub tensiune);
— reguli privind controlul echipamentului în exploatare normală;
— parametrii normali și cei limită de funcționare a echipamentelor;
— reguli de prevenire și lichidare a avariilor;
— reguli de prevenire și stingere a incendiilor;
c) instrucțiuni pentru repararea echipamentelor utilajelor;
d) măsuri pentru asigurarea protecției muncii.

Instrucțiunile tehnice interne (ITI) trebuie să delimiteze exact îndatoririle personalului care concură la exploatarea, întreținerea și repararea instalațiilor; de asemenea, trebuie să conțină enumerarea funcțiilor pentru care sînt obligatorii însușirea instrucțiunilor tehnice interne și promovarea unui examen de verificare în acest sens.

Instrucțiunile tehnice interne (ITI) trebuie să fie semnate de șeful secției respective și aprobate de directorul tehnic (inginerul șef) al unității de exploatare. Totodată, se va specifica data intrării în vigoare a fiecărei instrucțiuni tehnice interne. Se vor respecta regulile în vigoare, stabilite la nivelul sistemului energetic național, cu privire la elaborarea, circulația, evidența și păstrarea ITI.

La începutul fiecărui an și ori de cîte ori apar necesare unele modificări, ITI trebuie revăzute, ținîndu-se seama atît de schimbările survenite în instalații și scheme, cît și de circularele, prescripțiile tehnice sau alte directive apărute între timp.

Modificările și completările se aduc la cunoștință (sub semnătură) personalului obligat să cunoască și să execute instrucțiunile respective.

La fiecare stație cu personal permanent sau stație cu personal la domiciliu, trebuie să existe documentația operativă după cum urmează:

1. Registrul operativ.
2. Fișele cu datele orare.
3. Registrul pentru citirea contoarelor de energie activă și reactivă.
4. Registrul pentru efectuarea balanțelor.
5. Registrul de evidență a autorizațiilor de lucru.
6. Dosarul pentru păstrarea autorizațiilor de lucru.
7. Registrul de evidență a foilor de manevră.
8. Dosarul pentru păstrarea foilor de manevră.
9. Registrul de defecțiuni în instalații.
10. Registrul de dispoziții și note telefonice.
11. Registrul de control.
12. Registrul pentru urmărirea declanșării întreruptoarelor prin protecții și evidența reviziilor tehnice.
13. Schema normală (circuite primare, servicii interne de c.c. și c.a., aer comprimat)
14. Programul nivelelor de tensiune.
15. Planul reglajelor protecțiilor prin relee.
16. Tabelul tranșelor de sacrificiu.

17. Mapa cu scheme.
18. Schema de amplasare a mijloacelor P.S.I. și pentru controlul în instalații.
19. Programul de serviciu al personalului.
20. Dosarul cu instrucțiunile tehnice interne.
21. Dosarul N.P.M. :
    — evidențierea scurtcircuitoarelor mobile din stație ;
    — buletinele de verificări ale echipamentului de protecție și mijloacele de protecție ,
    — lista echipamentului de lucru și protecție.
22. Registrul pentru urmărirea densității și tensiunii la bateria de acumulatoare.
23. Opis documentații in stații.
24. Lista personalului de conducere, control și cu drept de acordare a asistenței tehnice cu adrese și numere de telefon.
25. Tabelul cu numărul de deconectări pe scurtcircuit admise pentru întreruptoarele din stație.
26. Registrul PRAM.
27. Registrul circuitelor primare.
28. N.P.M., P.S.I., R.G.M., Decretul nr. 400/81, R.E.T., Regulamentul de conducere prin dispecer.
29. Lista punctelor cu condiții deosebite de lucru.

La stațiile de transformare fără personal, inclusiv cele telecomandate, documentația tehnică de exploatare va cuprinde evidențele indicate la poziția 3, 11, 13, 15, 22, 25, 26, 27 și 29. Cu ocazia manevrelor, lucrărilor sau controalelor ce se execută în stație, personalul respectiv va completa documentația aferentă activității depuse.

La tura de deranjamente din cadrul centrelor de distribuție care exploatează posturile de transformare și punctele de alimentare trebuie să existe documentațiile operative indicate la pozițiile 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 24, 28 și 29.

Documentația operativă trebuie examinată zilnic de către personalul tehnic superior, care va dispune măsurile necesare pentru eliminarea defectelor și deranjamentelor constatate în funcționarea instalațiilor, precum și a deficiențelor constatate în munca personalului.

Personalul tehnic superior va viza documentația operativă examinată.

6.2. EXECUTAREA MANEVRELOR ÎN STAȚII ȘI POSTURI DE TRANSFORMARE

6.2.1. CONSIDERAȚII GENERALE

În timpul funcționării stațiilor electrice, a punctelor de alimentare și a posturilor de transformare intervin situații în care sînt necesare efectuări de manevre. Manevrele sînt operațiile ce se execută în in-

stalațiile electrice pentru schimbarea schemei în care funcționează acestea, precum și pentru retragerea din exploatare a unor echipamente în scopul de a fi reparate, revizuite, încercate sau trecute în rezervă.

Manevrele în stațiile electrice și posturile de transformare se execută în conformitate cu „Regulamentul general de manevre în instalațiile electrice". Pentru a unifica exprimarea, în acest regulament sînt definite situațiile și stările operative în care se pot afla echipamentele din stații și posturile de transformare. În tabelul 6.2.1 sînt indicate în rezumat aceste situații și stări operative.

Tabelul 6.2.1

Tabel recapitulativ cu privire la situațiile și stările operative ale echipamentelor

Situații în care se pot afla echipamentele		Stările operative în care se pot afla echipamentele
În exploatare	disponibile[1]	— în funcțiune — în rezervă caldă — în rezervă rece — în stare operativă nenominalizabilă
	indisponibile	— în stare caldă — în stare rece — în stare operativă nenominalizabilă
Retras din exploatare		— în stare deconectat — în stare separat vizibil — în stare legat la pămînt — în stare operativă nenominalizabilă

[1] Situația echipamentelor disponibile se poate indica prin termenii „în funcțiune" sau „în rezervă", atunci cînd nu este necesară precizarea stării operative sau aceasta urmează a fi nominalizată detaliat.

În spiritul „Regulamentului general de manevre" prin *manevră* se înțelege ansamblul unor operații, operații distincte, grupe distincte de operații, prin care se schimbă starea operativă a echipamentelor, elementelor, sau schema de conexiuni în care funcționează acestea, însă la care personalul nu are voie să atingă direct părțile conductoare, aflate sau destinate a se afla sub tensiune.

De o importanță majoră este cunoașterea scopului manevrei de către toate formațiile angrenate în pregătirea și executarea manevrelor. De aceea tot personalul angrenat în pregătirea și executarea manevrelor trebuie să fie informat de scopul acestora.

Prin *operație* se înțelege acționarea detaliată de către personalul de deservire operativă a elementelor de comutație primară și reglaj ale unui echipament, celulă, element, a elementelor de comutație secundară, precum și executarea unor măsuri speciale sau formalități ce derivă din aceste acționări.

La executarea operațiilor personalul nu are voie să atingă direct părțile conductoare aflate sau destinate a se afla sub tensiune.

Prin *grupă distinctă de operații* se înțelege ansamblul acelor operații din cuprinsul unei manevre ce se execută la un echipament care îndeplinesc simultan condițiile:

— au o succesiune bine determinată în cadrul grupei respective;

— operațiile din grupa respectivă se execută în totalitate de aceeași formație de deservire operativă;

— succesiunea operațiilor din grupă nu se afectează reciproc cu succesiunea operațiilor dintr-o grupă identică, ce se efectuează în același timp de altă formație de deservire operativă, în cadrul manevrei de coordonare respective;

— operațiile de grupă nu necesită coordonare în timp cu alte formații de deservire operativă, care execută la echipamentul respectiv operațiile din grupe identice.

Prin *operație distinctă* se înțelege operația din cadrul unei manevre de execuție care necesită coordonare în timp (al cărei moment de execuție se precizează prin coordonare) cu grupe distincte de operații sau operații distincte, care au loc în cadrul aceleiași manevre de coordonare.

Manevrele care se execută în stații și posturi de transformare pot fi:

Manevre curente — respectiv manevrele care au ca scop modificarea regimului de funcționare a sistemului energetic, a rețelei sau a unei instalații (realizarea unor nivele de tensiuni, reducerea unor circulații de putere, reducerea pierderilor etc.), sau sînt determinate de schimbarea regimului de funcționare a sistemului energetic (vîrf de sarcină, gol de sarcină). Aceste manevre au un caracter frecvent, se execută mereu în același fel și trec echipamentul din rezervă (rece sau caldă) în funcțiune, sau invers.

Nu se consideră manevră curentă aceea care are drept scop retragerea echipamentului din exploatare.

Manevre programate, respectiv manevrele care au drept scop modificarea configurației sistemului, instalației, rețelei, fără ca acestea să aibă un caracter frecvent sau periodic, precum și cele care au drept

scop retragerea din exploatare a echipamentelor, elementelor, celulelor, pentru lucrări sau probe.

Manevrele programate, după felul cum au fost cerute, se consideră de două feuri :

a) manevre programate normal : cele care sînt programate la intervale de timp stabilite ;

b) manevre programate accidental; cele care se programează în afara intervalelor de timp stabilite.

Manevre de lichidare a incidentelor și avariilor, respectiv manevrele ce se execută cu ocazia apariției unui incident (avarie) pentru izolarea defectului și restabilirea alimentării consumatorilor. Tot în această categorie se încadrează și manevrele ce trebuie executate fără amînare pentru prevenirea unui incident (avarie).

Manevre cauzate de accident, respectiv manevrele ce se execută pentru scoaterea victimei de sub acțiunea curentului electric.

Manevrele de execuție sînt acele manevre ale căror operații se desfășoară în cadrul unei instalații (stație, post etc.) și sînt îndeplinite în totalitate nemijlocit de același personal de deservire operativă aflat în instalația respectivă (sau același personal delegat special în acest scop).

Manevre de coordonare, respectiv manevrele ale căror grupe distincte de operații sau operații distincte afectează un ansamblu de stații și zone de rețea, fiind executate în două sau mai multe stații sau zone de rețea, de către două sau mai multe formații de deservire operativă diferite. Coordonarea executării în timp a grupelor distincte de operații sau operații distincte se efectuează telefonic sau prin radio, de către personalul de comandă operativă al treptei de conducere operativă aflat într-o cameră de comandă independentă de instalațiile coordonate. În cadrul unei manevre de coordonare pot avea loc multiple manevre de execuție.

Manevrele în stații electrice și posturi de transformare se execută pe baza unor foi de manevră.

Foaia de manevră este un document scris care stabilește următoarele :

— tema manevrei (starea operativă finală a instalației, echipamentului etc.) ;

— scopul manevrei ;

— starea operativă inițială a instalației, echipamentului etc. ;

— succesiunea grupelor distincte de operații și a operațiilor distincte ce urmează a se efectua ;

— concepția manevrei ;

— notații în legătură cu dispunerea și îndeplinirea operațiilor ;

— persoanele care au legătură cu manevra şi responsabilitatea acestora.

După scopul manevrei, foaia de manevră poate fi:

a) *foaie de manevră permanentă*, înţelegînd foaia de manevră al cărei conţinut este prestabilit într-un formular sau în instrucţiunile tehnice interne şi care se poate folosi la manevrele curente sau la anumite manevre programate şi la anumite manevre în caz de incidente şi avarii, care se execută în baza instrucţiunilor tehnice interne respective;

b) *foaie de manevră programată normal*, înţelegînd foaia de manevră care se întocmeşte pentru manevrele programate normal, avînd un regim de întocmire, verificare şi aprobare normal;

c) *foaie de manevră programată accidental*, înţelegînd foaia de manevră ce se întocmeşte pentru manevrele programate accidental avînd un regim de întocmire, verificare şi aprobare special.

După personalul care o foloseşte şi felul manevrei conţinute foaia de manevră poate fi:

a) *foaie de manevră de execuţie*, înţelegînd prin aceasta foaia de manevră folosită de personalul de deservire operativă (sau personalul delegat special în acest scop), după care acesta execută manevra (manevra de execuţie) într-o instalaţie sau zonă de reţea aflate în deservirea sa. Foaia de manevră de execuţie cuprinde înscrierea detaliată a tuturor operaţiilor ce se execută:

b) *foaie de manevră de coordonare*, înţelegînd prin aceasta foaia de manevră folosită de personalul de comandă operativă al unei trepte de conducere operativă, după care acesta coordonează executarea în timp a grupelor distincte de operaţii şi a operaţiilor distincte ce se execută în cadrul manevrei de coordonare. Foaia de manevră de coordonare cuprinde înscrierea grupelor distincte de operaţii şi a operaţiilor ce urmează a se coordona.

Foile de manevră de execuţie se întocmesc de personalul de deservire operativă, se verifică şi se aprobă de şeful instalaţiei (staţiei, zonei de reţea, centrului etc.), se controlează de persoana de serviciu la treapta de conducere operativă şi se verifică şi se acceptă de către responsabilul manevrei de execuţie.

Foile de manevră de coordonare se întocmesc de către o persoană din tură de la compartimentul de comandă operativă, se verifică şi se aprobă de către şeful compartimentului de comandă operativă şi se verifică şi se acceptă de persoana în tură de serviciu din compartimentul de comandă operativă care coordonează manevra.

Persoana care întocmeşte foaia de manevră răspunde de corectitudinea concepţiei acesteia (în cazul foilor de manevră de execuţie care fac parte dintr-o manevră de coordonare, şi de corespondenţa concepţiei acesteia în raport cu indicaţiile primite de la persoana care are

comanda de coordonare), de corecta înscriere a punctelor respective în foaia de manevră și succesiunea lor corectă, de respectarea prevederilor NPM, ale regulamentelor de exploatare tehnică, a prescripțiilor, instrucțiunilor tehnice interne, dispozițiilor etc. privind manevra respectivă, de aspectul foii de manevră, de utilizarea unor termeni și expresii corecte, și a limbajului tehnic adecvat, de întocmirea la timp a foii de manevră respective.

Persoana care verifică și aprobă foaia de manevră răspunde de aceleași lucrări ca și persoana care o întocmește și în plus de corectarea eventualelor greșeli, de verificarea și aprobarea la timp a acesteia.

Prin aprobarea foii de manevră respective se certifică corectitudinea și posibilitatea de folosire a acesteia, în condițiile pentru care a fost concepută.

Persoana care controlează foaia de manevră de execuție răspunde de corespondența concepției acesteia cu concepția foii de manevră de coordonare (sau de corectitudinea concepției acesteia în raport cu coordonarea), de corectitudinea grupelor distincte de operații și operațiilor distincte înscrise și succesiunea lor corectă, de respectarea prevederilor NPM, ale regulamentelor de exploatare tehnică, a prescripțiilor, instrucțiunilor tehnice interne, dispozițiilor etc. privind punctele controlate, de utilizarea unor termeni și expresii corecte și a limbajului tehnic adecvat, de corectarea eventualelor greșeli ale punctelor controlate, de respectarea prevederilor privind aprobarea foii de manevră (va cere totdeauna celui care citește foaia de manevră să precizeze cine a aprobat-o și data aprobării), de controlarea la timp a acesteia.

Persoana care controlează foaia de manevră nu răspunde de corectitudinea și succesiunea corectă a operațiilor care fac parte din grupa distinctă de operații (operația distinctă respectivă), precum și de operațiile complementare operațiilor distincte respective. La controlarea foii de manevră, persoanei care o controlează nu i se vor citi toate operațiile, ci numai punctele la care sînt înscrise grupe distincte de operații și operații distincte.

Persoana care controlează va acorda o atenție deosebită înscrierii corecte în foaia de manevră controlată a temei manevrei, scopului acesteia și stării operative inițiale (pentru aceasta din urmă, în limita responsabilităților comenzii de coordonare), răspunzînd de corectitudinea acestora.

Persoana care controlează foaia de manevră de execuție va înscrie în evidențele operative (registrul operativ) numărul foii de manevră controlate, ora controlării și numele persoanei care o citește pentru controlare.

Persoana care verifică și acceptă foaia de manevră (responsabilul manevrei), fiind ultima persoană care citește foaia de manevră, răspunde de verificarea conținutului foii de manevră în raport cu situația existentă în momentul începerii manevrei și de posibilitatea desfășurării normale a manevrei.

Prin semnarea foii de manevră la rubrica rezervată responsabilului de manevră, acesta confirmă că a făcut și verificarea și acceptarea foii de manevră respective.

6.2.2. MODUL DE RETRAGERE DIN EXPLOATARE A ECHIPAMENTELOR

Retragerea din exploatare a echipamentelor din stații și posturi de transformare se aprobă de organul care are echipamentul în autoritate de decizie, pe baza unei cereri înaintate de unitatea care are echipamentul în gestiune, prin treptele care au echipamentul în competență. Înaintarea unei cereri este obligatorie, chiar dacă există un plan aprobat anterior.

Cererile se fac de către șeful unității respective (locțiitorul acesteia) și se înscriu într-un registru de cereri, existent la unitate. În același registru se vor înscrie și aprobările sau răspunsurile primite.

În afara orelor de program, registrul de cereri va fi păstrat într-un punct cu personal permanent al unității respective.

Pentru echipamentele aflate în autoritatea de decizie a organului care a primit cererile, acesta le va analiza și va comunica solicitantului răspunsul. Aprobarea (răspunsul) va fi semnată de șeful organului respectiv sau de locțiitorul acestuia.

În cazul în care autoritatea de decizie asupra echipamentului respectiv trebuie corelată și cu un alt organ, cererea va fi înaintată acestuia de organul care a primit-o, decizia luîndu-se prin acord reciproc.

Prin analiza cererii se înțelege analizarea circulațiilor, a nivelelor de tensiune, a puterilor de scurtcircuit, posibilitatea asigurării unor reglaje de protecție prin relee și automatizări corespunzătoare, a unor reglaje de compensare a curenților capacitivi în funcție de variantele de configurație ale rețelei etc., în vederea alimentării consumatorilor cu o siguranță de funcționare cît mai mare, la parametri corespunzători.

Aprobările organelor care au autoritate de decizie sînt de principiu. Decizia acestor organe se aplică în funcție de regimul de funcționare efectiv al instalațiilor sau rețelelor în momentul cînd trebuie aplicată, prin aprobarea operativă a retragerii din exploatare ce se dă de către personalul de serviciu în tură al organului respectiv. Personalul din tură răspunde de luarea tuturor măsurilor operative în instalațiile aflate în autoritatea de decizie, competența sau comanda sa de coordonare, pentru a face posibilă aplicarea deciziei organului de care aparține. În cazul cînd decizia nu poate fi aplicată, acesta va anunța șeful organului respectiv sau pe locțiitorul acestuia, care decide anularea aprobării retragerii din exploatare. În lipsa acestora, personalul din tură este cel care va decide anularea aprobării retragerii din exploatare.

Durata pentru care se dă aprobarea se consideră astfel:

a) „pentru echipamentele aflate în funcțiune", din momentul deconectării acestora, pînă în momentul repunerii în funcțiune în configurația prevăzută (sau redării în exploatare și aducerii în starea operativă prevăzută); în cazul grupurilor electrogene și compensatoarelor sincrone, pînă în momentul încărcării acestora la sarcina nominală (sau sarcina prevăzută);

b) „pentru echipamentele aflate în rezervă și pentru cele indisponibile", din momentul începerii manevrelor pentru retragerea din exploatare, pînă în momentul redării lor în exploatare și aducerii în starea operativă prevăzută.

Dacă dintr-o cauză oarecare, echipamentul respectiv nu a fost deconectat (executarea manevrelor nu a fost începută) în termenul indicat, durata aprobată se reduce în mod corespunzător, termenul stabilit pentru repunerea în funcțiune (redarea în exploatare și aducerea în starea operativă prevăzută) rămînînd cel anterior. Durata aprobată nu se poate prelungi decît cu permisiunea organului care a dat aprobarea inițială.

Pentru necesitatea efectuării lucrărilor, probelor, măsurătorilor etc. menționate în cerere, precum și pentru încadrarea strictă în termenele aprobate, răspunde cel care a făcut cererea.

Pentru cazurile mai complexe, în care se fac modificări în instalații, rețele etc., se va înainta o dată cu cererea și un program de lucrări, manevre, însoțit cînd este cazul și de schemele necesare. Programele se vor întocmi de comun acord și cu treptele de conducere operativă care au echipamentele respective în comandă și coordonare, competență sau autoritate de decizie.

Se vor fixa prin aceste programe și sarcinile și responsabilitățile persoanelor angrenate în operațiile respective.

6.2.3. REGULI TEHNICE GENERALE PRIVIND CONCEPȚIA MANEVRELOR

Prin concepția manevrelor se înțelege aranjarea succesiunii grupelor distincte, operațiilor distincte și operațiilor din cadrul manevrei, în așa fel încît să se asigure desfășurarea normală a acestora.

Întreruperea și stabilirea curenților de sarcină în circuitele de înaltă și medie tensiune trebuie să se facă numai cu ajutorul întreruptoarelor sau al separatoarelor de sarcină, ordinea acționării întreruptoarelor și separatoarelor este: deconectarea întîi a întreruptoarelor și apoi deschiderea separatoarelor. La conectare ordinea este inversă. Ordinea de acționare a separatoarelor este : la deschidere întîi separatoarele de linie, trafo sau borne și apoi cele de bare ; la închidere ordinea este inversă.

Pentru a preveni ca în momentul acționării unui separator (broșării sau debroșării unui întreruptor) să se producă conectarea accidentală a întreruptorului din circuitul respectiv (spre exemplu, anclanșarea prin scheme de automatizare, comanda accidentală a conectării etc.), toate automatizările care pot provoca anclanșarea acestuia vor fi anulate.

Orice acționare a unui aparat de comutație trebuie urmată de verificarea poziției acestuia, pentru a căpăta certitudinea că aparatul respectiv a acționat corect.

Ca principii generale, nu se va acționa un aparat cu ajutorul căruia este interzis să se întrerupă sau să se stabilească curenții de sarcină, pînă cînd nu se va executa verificarea poziției deconectat (deschis) a aparatului din circuitul respectiv care are rolul de a întrerupe sau stabili acești curenți ; de asemenea nu se va conecta (închide) un aparat prin care se stabilesc curenții de sarcină (aparat care are acest rol), pînă cînd nu se va executa verificarea poziției închis a aparatelor din circuitul respectiv care au fost acționate în prealabil și care nu au rolul de a stabili acești curenți. Astfel:

a) Înaintea acționării separatoarelor (debroșării sau broșării întreruptoarelor) se va verifica poziția deconectată a întreruptorului din circuitul respectiv, pe toate fazele, pentru a preveni acționarea în sarcină a acestora în cazul în care întreruptorul nu este deconectat corect pe una sau mai multe faze.

b) Înaintea conectării unui întreruptor, prin care se stabilește continuitatea unui circuit, se va verifica poziția închis a separatoarelor din circuitul respectiv, care au fost acționate în prealabil, pentru a preveni formarea arcului electric și distrugerea separatoarelor respective la trecerea curentului, în cazul în care acestea nu sînt închise corect.

c) Înaintea acționării separatoarelor prin care se întrerupe (stabilește) continuitatea unui circuit, atunci cînd s-a creat o altă cale de curent în paralel cu aceea care va fi întreruptă (stabilită), se va verifica poziția închis (conectat) a aparatelor prin care s-a stabilit continuitatea căii de curent în paralel.

d) Înaintea verificării lipsei de tensiune în vederea executării legărilor la pămînt, se va verifica poziția deschis a tuturor separatoarelor prin care se realizează separarea vizibilă a echipamentului sau elementului respectiv (și blocarea acestora).

În cazul în care circuitul care trebuie întrerupt sau stabilit nu are întreruptor, se admite să se facă următoarele operații cu ajutorul separatoarelor normale:

a) Stabilirea și întreruperea circuitului transformatoarelor de tensiune.

b) Stabilirea și întreruperea curentului pentru punerea sub tensiune, în gol, a barelor colectoare și elementelor aferente acestora.

c) Stabilirea și întreruperea circuitelor liniilor aeriene sau subterane, precum și ale transformatoarelor de putere, cu condiția ca valoarea curentului să nu depășească valorile maxime admisibile rezultate din calcule sau cercetări experimentale, în funcție de dimensiunile și tipul constructiv al separatorului.

d) Întreruperea și stabilirea legăturii la pămînt a neutrului transformatoarelor.

e) Închiderea și deschiderea separatoarelor de șuntare și ocolire, dacă aparatele din circuitul șuntat sau ocolit de acestea sînt închise (conectate) și tensiunile la contactele separatorului respectiv nu prezintă decalaj de fază și diferență de valoare între ele.

f) Închiderea sau deschiderea în buclă a separatoarelor se va face numai în condițiile prevăzute în instrucțiunile tehnice interne ale unității, care vor fi întocmite în baza unor calcule din care să rezulte că acestea pot fi acționate în buclă.

Se vor lua măsurile tehnice necesare pentru a preveni deschiderea accidentală a buclei în alt punct, în timpul închiderii sau deschiderii în buclă a separatorului respectiv. În cazul în care nu se pot lua aceste măsuri se vor lua toate măsurile tehnice și organizatorice necesare pentru ca, în cazul în care bucla se deschide accidental într-o parte a separatorului, aceasta să fie deschisă și dinspre cealaltă parte a separatorului respectiv, astfel ca separatorul să fie acționat fără tensiune.

În cazul în care nu se pot asigura măsurile de mai sus, se vor lua toate măsurile tehnice și de organizare necesare pentru ca, în cazul în care bucla se deschide accidental într-o parte a separatorului, dispoziția de executare a manevrei să poată fi anulată imediat.

Este interzisă deschiderea sau închiderea unui separator prin care s-ar putea întrerupe sau stabili curenții capacitivi în cazul în care există o punere la pămînt a unei faze în rețeaua respectivă.

Punerea sub tensiune în gol a unei bare, care a stat în rezervă sau a fost retrasă din exploatare, se recomandă să se facă prin conectarea întreruptorului unui echipament legat la bară (linie, transformator, cuplă) și la care pe timpul manevrei s-a sensibilizat protecția (curent minim, timp minim, nedirecționată etc.). Înainte de conectare se va controla lipsa de tensiune pe bara respectivă la voltmetrele acesteia.

În cazul barelor de transfer, punerea sub tensiune pentru probarea acestora se va face prin cupla de transfer, cu protecția sensibilizată, din bara pe care se află echipamentul ce va fi trecut pe transfer, urmînd ca după deconectarea cuplei să se închidă separatorul la bara de transfer al echipamentului respectiv.

Liniile, porțiunile de linie, transformatoarele, barele etc. pentru care nu există certitudinea că sînt în bună stare (că nu au defecțiuni care pot da naștere la scurtcircuite) nu se vor pune sub tensiune cu ajutorul unui separator, chiar dacă se încadrează în cazurile admise. Punerea lor sub tensiune se va face cu ajutorul unui întreruptor al unui echipament legat de acestea.

La conectarea unui întreruptor cu tensiune din ambele părți, este obligatoriu controlul sincronismului sau, în lipsa posibilităților de control al sincronismului, verificarea existenței altor circuite în paralel care să asigure posibilitatea conectării în buclă.

La redarea în exploatare a unor linii sau echipamente după lucrări în cursul cărora ar fi putut apărea o modificare a legării fazelor, trebuie verificate succesiunea și concordanța acestora prin verificare vizuală și prin măsurători.

În cazul sistemelor de bare duble, la trecerea unor echipamente sau elemente de pe o bară pe cealaltă, ordinea operațiilor va fi așa fel aleasă, încît să nu se întrerupă sau să se stabilească legătura între bare printr-un separator, cu excepția cazului cînd prin acel separator se pune sub tensiune în gol (sau se scoate de sub tensiune, dacă este sub tensiune în gol) una din bare.

Atunci cînd legătura între bare este asigurată printr-o cuplă, se vor lua măsurile tehnice necesare pentru a preveni declanșarea (deschiderea) aparatelor din circuitul cuplei în timpul manevrelor de trecere și a se evita astfel întreruperea sau stabilirea legăturii între bare printr-un separator.

De asemenea, se recomandă ca pe toată durata manevrelor de trecere de pe o bară pe alta, legătura dintre bare, realizează prin cuplă,

să fie dublată prin separatoarele de bară menținute închise ale unui echipament, care prin legătura respectivă (separatoare, conductoare etc.) să poată asigura trecerea unui curent cît mai mare posibil ; manevra de trecere a echipamentului (elementelor) se va începe și termina cu separatorul acestui echipament.

În cazul în care este prevăzută protecție diferențială de bare, efectuarea manevrei în acest mod se impune, pentru a se crea condiții de lucru la protecția diferențială de pe ambele bare, la defect pe una din acestea.

Este interzisă trecerea la executarea verificării lipsei de tensiune și executarea legăturilor la pămînt la un capăt al unui echipament, fără ca în prealabil să se fi executat toate separările vizibile (inclusiv luarea tuturor măsurilor care să înlăture posibilitatea reapariției tensiunii) la toate celelalte capete ale echipamentului respectiv, de unde s-ar putea primi tensiune.

La executarea legăturilor la pămînt la un echipament care are mai multe capete de unde se poate primi tensiune și unde trebuie să fie executate legări la pămînt, ordinea de preferință a executării va fi :

— pentru legările la pămînt, întîi se vor executa cele care se fac prin închiderea cuțitelor de legare la pămînt și după aceea cele care se fac prin montarea de scurtcircuitoare mobile ;

— pentru dezlegările de la pămînt, întîi se vor executa cele care se fac prin demontarea scurtcircuitoarelor mobile și după aceea cele care se fac prin deschiderea cuțitelor de legare la pămînt.

În general, întreruptorul care a declanșat poate fi conectat fără a fi verificat.

Reconectarea unei linii care a declanșat se poate face, în general, fără executarea în prealabil a controlului liniei respective.

În alegerea întreruptorului prin care se va pune sub tensiune linia declanșată (în cazul liniilor care au posibilitatea de a fi puse sub tensiune din mai multe capete), se va prefera conectarea pentru probă de la capătul unde puterea de scurtcircuit este mai mică.

În caz de incident, o instalație care a rămas fără tensiune poate primi în orice moment tensiune, fără nici o anunțare prealabilă, dacă nu există alte precizări.

Personalul de deservire operativă care este de serviciu în tură în instalația respectivă trebuie să o pregătească în așa fel încît să poată primi tensiune în orice moment, chiar fără prevenire.

La concepera tuturor manevrelor se va ține seamă în mod obligatoriu și de prevederile N.P.M. în vigoare.

6.3. ORGANIZAREA ÎNTREŢINERII STAŢIILOR ŞI POSTURILOR DE TRANSFORMARE

6.3.1. CLASIFICAREA LUCRĂRILOR DE ÎNTREŢINERE

Funcţionarea staţiilor electrice şi a posturilor de transformare se caracterizează prin numărul mare de ore de utilizare a echipamentelor şi aparatelor. Totodată, la majoritatea instalaţiilor sau a părţilor din instalaţii, scoaterea lor din funcţiune conduce la întreruperea în alimentarea cu energie electrică a unui anumit număr de consumatori sau la scăderea siguranţei în alimentare. De aceea, în cazul staţiilor electrice şi a posturilor de transformare reparaţiile accidentale, neplanificate, dezorganizează exploatarea şi pot conduce la pierderi importante în economia naţională. Ca urmare, instalaţiile electrice sînt întreţinute şi reparate în mod organizat, respectiv preventiv planificat aşa cum se arată în subcap. 6.1.

Acest mod de întreţinere şi reparaţie, care se bazează pe studiul uzurii echipamentelor în raport cu intensitatea folosirii lor în exploatare, dă posibilitatea prevenirii apariţiei unor avarii accidentale prin executarea la timp a controlului şi a reviziilor-reparaţiilor planificate, permite determinarea capacităţii personalului de întreţinere şi a atelierelor de reparaţii, şi asigură posibilitatea planificării raţionale cu materiale şi piese de schimb.

Echipamentele şi aparatele electrice din staţiile electrice şi posturile de transformare au în componenţa lor o mare diversitate de piese. Uzarea pieselor în timpul exploatării se produce în mod diferit. Sînt piese care se uzează rapid, datorită unor acţiuni mecanice, termice sau chimice de mare intensitate şi frecvenţă ridicată. Altele au o uzură lentă, ca urmare a solicitărilor reduse. În această situaţie, în componenţa echipamentelor şi aparatelor electrice există piese care au grade diferite de uzură. Unele piese pot funcţiona un timp mai îndelungat, iar altele funcţionează un timp mult mai scurt. Înlocuirea sau repararea la timp a elementelor şi a pieselor care au ajuns la capătul vieţii lor constituie factorul esenţial în sistemul reparaţiilor prevenite, deoarece prin aceasta se evită scoaterea din funcţiune accidentală a unui ansamblu. De aici rezultă necesitatea ca în cursul exploatării unui echipament sau aparat, unele din piesele sale să fie înlocuite sau reparate de mai multe ori decît alte piese, a căror uzură se produce mai lent.

Bazaţi pe aceste constatări, în afara lucrărilor de întreţinere curentă, care au fost indicate în subcap. 6.1, instalaţiile din staţiile electrice şi

posturile de transformare se supun la următoarele categorii de lucrări de reparații (R).

Revizia tehnică (RT) cuprinde ansamblul de operații executate periodic pentru verificarea, curățirea, eliminarea unor defecțiuni, măsurători profilactice, înlocuirea unor elemente, piese uzate sau subansambluri, avînd și scopul de a constata starea tehnică a instalațiilor, înainte de executarea reparației planificate.

Revizia tehnică se execută la locul de amplasare a instalației, de către echipe specializate.

Dacă cu ocazia reviziei tehnice se constată un defect care ar provoca întreruperea în funcționare a instalației, iar pentru eliminarea deficiențelor constatate este necesară înlocuirea de părți, elemente sau piese etc. și dacă pentru aceasta se depășește valoarea normată pentru revizia tehnică, atunci se va executa în continuare reparația curentă necesară.

Prima revizie tehnică se execută, indiferent de ciclul de funcționare normat, la un an de la punerea în funcțiune a mijlocului fix respectiv.

Reparația curentă (RC) cuprinde ansamblul de operații prin care se urmărește aducerea tuturor părților fondului fix la parametrii proiectați, remediindu-se toate defecțiunile constatate în timpul exploatării instalațiilor electromagnetice, pentru asigurarea funcționării, în condiții de siguranță, pînă la următoarea reparație capitală.

În funcție de mărimea ciclului de reparații, de volumul de lucrări care se execută și de valoarea pieselor și ansamblurilor reparate, recondiționate sau înlocuite, reparațiile curente se împart în :

- reparații curente de gradul I (RC_1) ;
- reparații curente de gradul II (RC_2).

Cu ocazia lucrărilor de reparații curente se execută și lucrările de revizie, valoarea acestora cuprinzîndu-se în documentația pentru lucrările de reparații curente.

În cazul în care cu ocazia lucrărilor de reparații curente se constată unele defecte care ar putea provoca întreruperea în funcționare a instalației, iar volumul de lucrări depășește plafonul valoric normat, se va executa reparația capitală prin restructurarea plafonului de reparații capitale, cu respectarea prevederilor legale.

Reparația capitală (RK) reprezintă complexul de lucrări ce se execută periodic asupra fondurilor fixe, după expirarea fiecărui ciclu de funcționare prevăzut, și care are drept scop să asigure readucerea caracteristicilor tehnico-economice ale acestora la parametrii proiectați.

În cadrul reparațiilor capitale se efectuează înlocuirea totală sau parțială a unor elemente structurale deteriorate ca urmare a uzurii fizice.

De asemenea, în cadrul reparațiilor capitale se pot executa modernizări menite să îmbunătățească starea tehnică a instalației sau să ridice calitatea parametrilor tehnico-funcționali.

O dată cu reparațiile capitale se vor executa și lucrările de revizie și reparație curentă necesare, valoarea lor cuprinzîndu-se în documentația pentru reparația capitală.

Reconstrucțiile și modernizările (RM) reprezintă ansamblul de lucrări care necesită modernizări și înlocuiri ale unor elemente componente și agregate energetice, pentru execuția cărora sînt necesare durate și costuri superioare celor normate pentru reparațiile capitale, dar se încadrează în prevederile legale în privința costurilor și a surselor de finanțare (reparații sau investiții).

Intervențiile accidentale (IA) reprezintă complexul de lucrări ce se execută pentru remedierea deranjamentelor, incidentelor și avariilor care apar accidental în instalațiile aflate în regim normal de exploatare sau ca urmare a efectelor produse de fenomene naturale deosebite (cutremure, incendii, explozii, furtuni distrugătoare, inundații, alunecări de terenuri, prăbușiri etc.).

Intervențiile accidentale comportă urgență și nu se pot amîna în cazul în care neefectuarea lor periclitează siguranța instalațiilor electroenergetice sau duce la pagube în economia națională.

Intervențiile accidentale care nu comportă urgență se vor putea amîna pînă la prima reparație curentă sau reparație capitală.

Intervențiile accidentale pot avea și caracterul lucrărilor de revizii sau reparații.

Intervențiile accidentale care necesită un volum de lucrări similare cu cel prevăzut la lucrările de revizie tehnică nu se introduc în plan și vor fi executate imediat.

Intervențiile accidentale care necesită un volum de lucrări similar cu cel prevăzut la lucrările de reparații curente sau reparații capitale se vor executa pe baza procesului verbal de constatare și, în cazul reparațiilor capitale, a aprobării date, dacă valoarea reparației se încadrează în limita prevăzută de normativul valoric pentru costurile și valoarea reparației planificate.

Opririle tehnologice (OT) sînt întreruperi în funcționarea unuia sau mai multor fonduri fixe, pentru executarea unor lucrări planificate la un alt fond fix.

Tot în cadrul opririlor tehnologice intră și lucrările planificate care se fac la instalații comune, ce impun oprirea a două sau mai multe fonduri fixe și care nu pot funcționa în această perioadă. În timpul opriri-

or tehnologice se pot executa lucrări de întreţinere, revizie sau reparaţie la fondurile fixe afectate, chiar dacă acestea nu se înscriu în graficul planificat.

Duratele şi periodicitatea opririlor tehnologice nu se normează, acestea se stabilesc pe baza graficelor anuale aprobate de organul tutelar, în funcţie de rolul fondului fix în ansamblul instalaţiilor din cadrul sistemului energetic naţional.

Cu ocazia reparaţiilor curente şi capitale, se pot executa lucrări de modernizare şi de îmbunătăţire a anumitor părţi ale mijloacelor fixe în scopul de a li se reda parametrii iniţiali de funcţionare, îmbunătăţirea randamentului, nivelului de tensiune etc., corespunzător condiţiilor de funcţionare. De asemenea, în scopul aducerii echipamentului în concordanţă cu noile condiţii de exploatare şi siguranţă impuse, se pot înlocui aparatele uzate cu altele corespunzătoare stadiului tehnicii în momentul executării reparaţiei.

5.3.2. PLANIFICAREA, PREGĂTIREA, EXECUTAREA, URMĂRIREA ŞI RECEPŢIONAREA LUCRĂRILOR DE REVIZII ŞI REPARAŢII

Lucrările de revizii tehnice şi reparaţii curente se efectuează pe baza programelor şi graficelor aprobate de organul de conducere al unităţii care deţine fondul fix şi trebuie să asigure exploatarea în condiţii de siguranţă şi la nivelul parametrilor proiectaţi ai maşinilor, utilajelor şi instalaţiilor, pînă la perioada de efectuare a reparaţiei capitale.

Documentaţiile tehnico-economice pentru lucrările de revizii, reparaţii curente şi reparaţii capitale se întocmesc de către compartimentele unităţilor deţinătoare de fonduri fixe sau, după caz, de unităţi specializate şi se aprobă conform competenţelor.

Recepţia lucrărilor de revizii tehnice, reparaţii curente şi reparaţii capitale se efectuează de către comisii de recepţie aprobate de organele de conducere colectivă ale organelor ierarhice superioare, potrivit competenţelor de aprobare, în funcţie de importanţa economică şi de valoarea fondurilor fixe reparate.

Răspunderea pentru calitatea reparaţiilor capitale revine în întregime executanţilor lucrărilor, comisiile de recepţie răspunzînd pentru admiterea recepţiei executate necorespunzător.

Planificarea, urmărirea şi raportarea lucrărilor de întreţinere din staţii şi posturi de transformare se face pe formulare comune cu lucrările de exploatare, utilizîndu-se în acest scop următoarele:

— Graficul de perspectivă al lucrărilor de exploatare şi întreţinere, care evidenţiază volumul de instalaţii deservite precum şi eşalonarea în

perspectivă a lucrărilor de exploatare, revizii, reparații, curente și reparații capitale pe 10 ani.

— Planul anual de revizii care servește la planificarea anuală și defalcarea pe trimestre a lucrărilor de revizii tehnice în conformitate cu prevederile graficului de perspectivă pe 10 ani;

— Recapitulația planului anual pentru lucrări de revizii care servește pentru centralizarea forței de muncă necesară în scopul executării integrale a lucrărilor de revizii.

— Planul anual de reparații care servește la planificarea anuală și defalcarea pe trimestre a sarcinilor de plan, pe linie de reparații în conformitate cu prevederile graficului de perspectivă pe 10 ani.

— Planul de utilizare a capacităților de producție și a fondurilor planificate pentru activitatea de exploatare și întreținere. Formularul sistematizează totalitatea activităților desfășurate într-un an, pe linia menținerii instalațiilor în stare de funcționare și a întreținerii acestora. Servește la analize complexe globale, pe activități la diverse niveluri, dînd o imagine sintetică a utilizării forței de muncă, a utilajelor și fondurilor de care se dispune.

— Comanda internă, care servește la planificarea lunară a lucrărilor.

— Planul raport al centrului, care servește la stabilirea planului de lucrări pentru o perioadă de o lună și la raportarea lunară a realizărilor.

— Planul raport al șefului de echipă, care servește la defalcarea sarcinilor de plan lunare pe echipe, urmărirea zilnică de către maistru a realizării sarcinilor de plan de către echipe, pontajul membrilor echipei pe comanda internă, recepția lucrărilor, înscrierea observațiilor șefilor de echipă și ale organelor superioare.

Calitatea lucrărilor de revizie tehnică este verificată de șeful de echipă și de maistru coordonator al formației de lucrări. Ea este consemnată în planul raport al șefului de echipă și în comanda internă.

Calitatea lucrărilor de reparații curente este verificată de șeful de centru și este consemnată în planul raport al șefului de echipă și în comanda internă a lucrărilor.

Calitatea lucrărilor de reparații capitale se verifică de comisia de recepție stabilită pentru fiecare lucrare în parte.

La stabilirea calității lucrărilor se va urmări respectarea prevederilor din fișele tehnologice și eliberarea buletinelor de verificări pentru acele elemente la care fișa tehnologică impune luarea acestei măsuri.

Calitatea lucrărilor se verifică prin sondaj în timpul executării lucrărilor, în timpul recepției și după ce instalația a fost dată în exploatare.

Pentru anumite categorii de echipamente, cum sînt transformatoarele de putere, întreruptoarele, transformatoarele de măsură, releele,

aparatele de măsură etc., reparațiile capitale și reparațiile curente se execută în ateliere de reparații sau laboratoare.

Aceasta conduce la o serie de avantaje tehnice și economice, și anume:

— lucrările se execută cu un personal specializat pe diverse tipuri de lucrări;

— încercările și măsurătorile se pot face în condiții optime;

— unele operații pot fi mecanizate;

— se dispune de o dotare cu scule, utilaje și aparataj de încercări mai bună decît a formațiilor care execută lucrările în teren;

— se asigură o productivitate ridicată a muncii.

Asemenea ateliere și laboroatoare se pot înființa, în funcție de necesități, la fiecare unitate, pe zone, sau — cele pentru strictă specialitate — centralizat pe întreaga țară.

6.4. INCIDENTE ȘI AVARII ÎN STAȚII ȘI POSTURI DE TRANSFORMARE

6.4.1. CONSIDERAȚII GENERALE

În scopul cunoașterii și măririi gradului de siguranță în funcționarea stațiilor electrice, posturile de transformare și a punctelor de alimentare, precum și în scopul cunoașterii modului de satisfacere a necesităților consumatorilor, se analizează, se înregistrează și se prelucrează informațiile privind:

— defecțiunile curente care se elimină prin activitatea obișnuită de exploatare și întreținere fără oprirea instalației de bază;

— deranjamentele constînd din defecțiuni în rețeaua de distribuție sub 1 kV, care duce la întreruperea consumatorilor alimentați din această rețea;

— acționarea corectă a dispozitivelor de automatizare destinate prevenirii extinderii unor perturbați (reanclanșarea automată rapidă — RAR, anclanșarea automată a rezervei AAR, descărcarea automată a sarcinii — DAS etc.)

— perturbațiile, incidentele, avariile, deteriorările de echipamente care au loc în funcționarea instalațiilor;

— sacrificiile și limitările de consum de energie electrică impuse de anumite situații existente la un moment dat în sistem sau în unele zone ale acestuia;

— abaterile de durată ale parametrilor energiei electrice.

Informaţiile respective se analizează în mod sistematic de către organizaţiile care cercetează, proiectează, execută şi exploatează instalaţiile şi obiectele sistemului energetic, precum şi de către organele ierarhice superioare ale acestora, stabilindu-se măsuri pentru ridicarea gradului de siguranţă:

Noţiunile utilizate în acest sistem informaţional au următorul înţeles :

Incident este evenimentul sau succesiunea de evenimente care duce, la un moment dat, la modificarea stării anterioare de funcţionare a unei instalaţii sau a unui obiect, cu consecinţe nedorite asupra duratei de funcţionare sau parametrilor funcţionali (stabiliţi prin instrucţiuni) ai acestora, indiferent dacă au afectat sau nu consumatorii.

Nu sînt considerate incidente următoarele evenimente :

— ieşirea din funcţiune a unei instalaţii ca urmare a acţionării corecte a elementelor de protecţie şi automatizare. În cazul unor evenimente nedorite care au avut loc în altă instalaţie : ieşirea din funcţiune a unei instalaţii, care este o consecinţă a incidentului localizat în altă instalaţie, se evidenţiază la acesta din urmă ;

— ieşirea din funcţiune sau retragerea din exploatare a unei instalaţii sau a unei părţi a acesteia datorită unor defecţiuni care pot să apară în timpul efectuării asupra acesteia a încercărilor profilactice ; pentru aceste defecţiuni se evidenţiază numai echipamentul deteriorat ;

— reanclanşarea automată a liniilor electrice aeriene datorită funcţionării reuşite a dispozitivelor RAR, de la toate capetele acestora ;

— deconectarea manuală a liniilor electrice aeriene cu neutrul izolat pentru depistarea punerilor la pămînt (energia electrică nelivrată ca urmare a deconectării liniilor pentru manevrele de depistare a defectului se înregistrează la incidentul liniei cu defect) ;

— retragerea din exploatare — cu aprobare — a întreruptoarelor al căror număr de declanşări pe scurtcircuit a atins numărul admis prin instrucţiunile de exploatare ;

— ieşirea din funcţiune a unei instalaţii auxiliare sau a unui element al acesteia din cadrul staţiilor electrice, dacă au fost înlocuite cu rezerva prin funcţionarea corectă a AAR-ului şi nu au avut ca efect reducerea puterii efectiv utilizabile sau alimentarea consumatorilor ;

— retragerea accidentală din funcţiune a unei instalaţii sau a unui element al acesteia din cadrul staţiilor, în scopul eliminării unor defecţiuni, dacă au fost înlocuite cu rezerva şi nu au afectat puterea efectiv utilizabilă, sau alimentarea consumatorilor ;

— retragerea din exploatare aprobată de dispecer a unor instalaţii pentru eliminarea unor defecţiuni, cînd aceasta se efectuează în perioada golurilor de sarcină, fără afectarea consumatorilor ;

— retragerea din exploatare în mod voit a unor instalații pentru prevenirea de accidente umane și în caz de pericol iminent de incendiu, explozie sau calamități;

— retragerea din exploatare a instalațiilor ca urmare a dispoziției operative a dispecerului.

Un incident, în sens de *unitate de înregistrare*, se consideră acela care:

— are loc într-o singură instalație;

— se manifestă cu un singur prilej;

— este determinat de o singură cauză.

De asemenea, se consideră un singur incident declanșările rezultate într-o perioadă de cel mult 30 min. ale unei linii electrice, datorită unei aceleiași cauze și cu un același prilej, precum și declanșarea a două întreruptoare, cînd între ele nu se poate asigura un reglaj al protecției cu o treaptă de timp corespunzătoare.

Pentru incidentul care nu se poate localiza la o singură instalație sau obiect, însă se manifestă cu un singur prilej și este determinat de o singură cauză, unitatea de înregistrare se stabilește la obiectivul care cuprinde respectivele instalații.

Pentru fiecare incident considerat unitate de înregistrare se atribuie un număr de ordine distinct la nivelul unității administrative, pe fiecare an calendaristic.

Incidentul izolat este incidentul care are loc la un moment dat într-una din instalațiile sau obiectele stației electrice și care:

— nu duce și la apariția altor incidente;

— afectează starea de funcționare a altor instalații sau obiecte, dar numai ca urmare a acționării corecte a elementelor de protecție sau automatizare cu care acestea sînt prevăzute.

Incident primar este incidentul de exploatare dintr-o instalație sau obiect, care duce la apariția altor evenimente definite la rîndul lor ca incidente, dar care au fiecare cauze distincte.

Incident asociat este incidentul de exploatare care are loc într-o instalație sau obiect cu prilejul incidentului primar.

Avarie este incidentul de amploare sau o succesiune de incidente ce au loc la un moment dat într-un obiectiv, într-o zonă din sistem sau în sistemul energetic luat în ansamblu, și care are drept consecință deteriorări de echipamente importante sau întreruperi în alimentarea cu energie electrică a unor platforme industriale sau zone de consum.

Se consideră avarie în cadrul rețelelor și stațiilor electrice:

— ieșirea accidentală din funcțiune a unui circuit al liniilor electrice, a unui transformator sau autotransformator din rețeaua de 220 kV sau mai mare pe o durată mai mare de 30 min;

— ieșirea totală, accidentală, din funcțiune a unei stații de transformare cu tensiunea de 110 kV sau mai mult pe o durată mai mare de

30 min însoţită de deteriorări de echipamente sau de întreruperea alimentării unor consumatori speciali ;

— întreruperea totală sau parţială a alimentării cu energia electrică a platformelor industriale şi altor consumatori importanţi nominalizaţi pe o durată mai mare decît timpul de funcţionare al automaticii de sistem ;

— defectarea compensatoarelor sincrone cu puteri de 50 Mvar sau mai mari, care le face indisponibile pe o durată mai mare de 5 zile ;

— ieşirea totală din funcţiune a unei staţii de transformare cu tensiunea sub 110 kV, datorită unor defecţiuni care o fac indisponibilă pe o durată mai mare de 5 zile.

Pentru fiecare avarie se va atribui la nivelul sistemului energetic şi pe fiecare an calendaristic un număr de ordine.

Fiecărui incident component al avariei, indiferent de unitatea administrativă în care are loc, i se va atribui şi numărul de ordine al avariei.

Dacă pe durata desfăşurării, ca urmare a consecinţelor avute, un eveniment îşi schimbă categoria de încadrare, respectiv din incident devine avarie, eventual se va încadra şi se va înregistra pe toată durata desfăşurării lui în categoria avariei.

Cauza incidentului este deficienţa sau fenomenul care provoacă la un moment dat, în anumite condiţii, apariţia incidentului sau a avariei.

Cauza care determină apariţia unui incident poate să aparţină uneia dintre următoarele categorii :

— lucrarea de cercetare pe baza căreia s-a adoptat soluţia de proiectare ;
— concepţia de proiectare ;
— soluţia de proiectare ;
— execuţia instalaţiei (construcţii-montaj) ;
— calitatea echipamentelor ;
— calitatea materialelor din care au fost realizate instalaţiile sau părţi din instalaţii ;
— uzura instalaţiilor sau a unor elemente din instalaţii ;
— defecte ascunse care nu pot fi depistate prin profilaxia normală ;
— lipsa unor materiale sau piese de schimb ;
— calitatea unor materiale sau piese de schimb ;
— depăşirea solicitărilor pentru care au fost dimensionate instalaţiile, datorită forţei majore ;
— modificări sau provizorate executate fără respectarea prevederilor normelor ;
— modul de exploatare a instalaţiilor ;
— modul de realizare a lucrărilor de reparaţii şi întreţinere ;
— modul de realizare a profilaxiei ;

— modul de pregătire a personalului de exploatare şi întreţinere ;
— încadrarea cu personal de nivel sau în număr necorespunzător ;
— nerealizarea sau realizarea necorespunzătoare a unor măsuri tehnice sau organizatorice stabilite anterior ;
— instalaţiile consumatorilor ;
— factori întîmplători ;
— forţele naturii sau alte elemente naturale ;
— alte cauze.

Încadrarea cauzei incidentului într-una din aceste categorii se va face în baza unei analize temeinice a elementelor tehnice şi organizatorice constatate direct de personal sau prin intermediul aparaturii de măsurat şi control, evidenţiindu-se clar toate aceste elemente.

Pentru fiecare incident se va atribui o cauză distinctă. Analiza va trebui însă să evidenţieze dacă au existat şi alţi factori, deficienţe sau fenomene care au favorizat apariţia incidentului, pentru a se putea stabili şi măsurile necesare eliminării lor.

Avaria poate avea mai multe cauze, în funcţie de numărul incidentelor care o compun.

Prilejul incidentului reprezintă o împrejurare momentană, evidentă şi inevitabilă, în care o anumită cauză provoacă apariţia incidentului. În această împrejurare instalaţia ar fi funcţionat normal dacă nu ar fi existat cauza.

Cauza şi prilejul unui incident sînt elemente distincte şi se evidenţiază separat.

Dacă un incident reprezintă prilej de apariţie a altor incidente asociate, fiecare dintre acestea se analizează, evidenţiindu-se separat cauza şi prilejul lor.

Forma de manifestare a avariei sau a incidentului este totalitatea fenomenelor care caracterizează avaria sau incidentul respectiv.

Locul incidentului este obiectivul, instalaţia, obiectul şi echipamentul sau partea componentă a unei instalaţii ori a unui obiect la care s-a produs incidentul.

Locul incidentului va fi precizat în raport cu unitatea administrativă în care s-a produs, indicîndu-se numărul de ordine al instalaţiei în cadrul obiectivului, parametrii nominali de construcţie şi de funcţionare a instalaţiei sau obiectului.

Locul avariei este totalitatea obiectivelor sau a instalaţiilor în care au avut loc incidentele ce o compun.

Obiectivul în care apare avaria sau incidentul este ansamblul de instalaţii sau obiective avînd una sau mai multe din funcţiile de producere, transport şi distribuţie a energiei electrice.

Instalația este ansamblul de echipamente, elemente, dispozitive și aparate amplasate într-un singur loc, care au un scop funcțional determinat.

Obiectul este ansamblul de amenajări și construcții specifice obiectivelor energetice, avînd un scop funcțional determinat în procesul de producere, transport sau distribuție a energiei electrice.

Durata incidentului este cel mai mare interval de timp cuprins între momentul apariției incidentului și momentul rezolvării uneia dintre următoarele situații corespunzătoare incidentului respectiv ;

— crearea posibilităților de alimentare cu energie electrică sau cu căldură a consumatorilor la parametrii existenți în momentul anterior producerii incidentului ;

— eliminarea reducerii sub valoarea de contract sau a graficului de livrare a puterii efectiv utilizabile, ca urmare a defectării sau ieșirii accidentele din funcțiune a uneia sau a mai multor elemente componente ale unei instalații.

Durata avariei este intervalul de timp dintre momentul apariției incidentului primar pînă în momentul lichidării incidentului component — primar sau asociat — cu durata cea mai mare ; în cazul în care avaria se compune dintr-un singur incident, durata acesteia este identică cu durata incidentului respectiv (izolat).

În cazul în care readucerea în stare de funcționare a unor instalații necesită reparații, dar lipsa lor a fost suplinită prin funcționarea altor instalații din cadrul sistemului energetic, durata avariei se consideră pînă în momentul cînd noul regim de funcționare a fost aprobat de conducerea operativă a sistemului energetic.

Durata întreruperii în alimentarea consumatorilor (parțială sau totală) este intervalul de timp cuprins între momentul în care, din cauza unei indisponibilități temporare ca urmare a unui incident sau a unei avarii, consumatorului nu i s-a putut livra energia electrică sau debitul de căldură la parametrii stabiliți și momentul restabilirii alimentării la parametrii solicitați de consumator, dar nu mai mari decît parametrii limită minimi stabiliți prin contact.

Durata indisponibilității unei instalații sau obiect este intervalul de timp dintre momentul ieșirii accidentale din funcțiune a instalației respective și momentul repunerii ei în disponibilitate (în funcțiune sau în rezervă), indiferent dacă aceasta s-a făcut prin repararea sau prin înlocuirea lui sau a părții componente defecte.

Energia electrică nelivrabilă este energia electrică care ar fi fost livrată consumatorilor în condițiile normale de funcționare, pe durata

întreruperii sau limitării în alimentare ca urmare a unui incident sau a unei avarii, şi se va calcula după cum urmează:

a) în cazul întreruperilor cu o durată de 60 min sau mai mică: ca produsul dintre consumul (puterea) înregistrat la ora cea mai apropiată de momentul apariţiei incidentului şi durata întreruperii;

b) în cazul întreruperilor cu o durată mai mare de 60 min: ca produsul dintre consumul mediu înregistrat în ziua precedentă (exclusiv zilele de repaus) în orele corespunzătoare şi durata întreruperii. Pentru întreruperile produse în zilele de repaus se ia în considerare consumul din prima zi de repaus anterioară;

c) în cazul în care nu este prevăzută înregistrarea orară a consumului, se vor folosi datele rezultate din măsurări, sau datele din evidenţa statistică privind consumul mediu orar corespunzător perioadei calendaristice respective.

Deteriorarea echipamentului este modificarea caracteristicilor fizice (electrice sau mecanice) ale echipamentului, care duce la scoaterea acestuia din funcţiune sau din starea de disponibilitate, echipamentul necesitînd o reparaţie.

Cauza deteriorării echipamentului este deficienţa tehnică de fabricaţie, proiectare, montaj, exploatare sau acţiunea unor factori externi care provoacă la un moment dat deteriorarea unui echipament. Cauza deteriorării poate să coincidă cu cauza incidentului.

Durata indisponibilităţii echipamentului ca urmare a deteriorării este timpul calendaristic în ore din momentul producerii deteriorării pînă în momentul remedierii acesteia şi al repunerii în funcţiune sau în stare de rezervă, se compune din timpul de aşteptare şi timpul efectiv de reparaţie.

6.4.2. RAPORTAREA OPERATIVĂ, ANALIZA ŞI EVIDENŢA INCIDENTELOR, AVARIILOR ŞI A DETERIORĂRILOR DE ECHIPAMENTE

Personalul de deservire operativă din tură (operatorul de serviciu, şeful de tură) care supraveghează direct instalaţiile este obligat ca, la constatarea oricărui incident sau avarie, să raporteze imediat aceasta şefului său ierarhic superior pe linie operativă (dispecerul de la diferitele trepte de comandă ale sistemului energetic) şi să înregistreze aceasta în registrul operativ.

Personalul de conducere operativă (dispecerul de la diferitele trepte de comandă ale sistemului energetic) consemnează incidentul sau ava-

ria şi, în funcţie de amploarea acestora, comunică imediat conducerii administrative şi inspectorului de avarii din unitatea respectivă, precum şi treptei superioare de dispecer.

Analiza avariei sau a incidentului va trebui să clarifice următoarele:

— locul şi momentul apariţiei incidentului sau avariei;
— forma de manifestare;
— prilejul;
— cauzele care au dus la apariţia avariei sau incidentului;
— echipamentele deteriorate;
— cauzele deteriorărilor;
— modul de funcţionare a dispozitivelor de automatizare şi control;
— consecinţele incidentului sau avariei;
— măsurile de prevenire a unor avarii sau incidente similare.

În cazul în care pentru lămurirea cauzelor şi consecinţelor, în vederea stabilirii unor măsuri corespunzătoare, sînt necesare probe, încercări, analize de laborator sau obţinerea unor date tehnice suplimentare de la alte unităţi, conducerea unităţii va organiza efectuarea analizei în maximum 10 zile de la producerea incidentului sau avariei.

Pentru avariile la care elucidarea cauzelor sau a consecinţelor necesită studii sau cercetări de mai lungă durată, analiza se va încheia, urmînd ca, prin grija conducătorului organizaţiei respective, aceste probleme să fie preluate de unităţile de specialitate.

La analiza avariilor şi incidentelor se vor folosi obligatoriu toate documentele de informare (evidenţe primare, diagrame, procese verbale de recepţie şi control, buletin de control etc.).

Analiza avariei sau a incidentului se face la nivelul unităţii organizatorice care are în gestiune instalaţiile respective, cu participarea, dacă este necesar, a reprezentanţilor fabricantului, proiectantului şi executantului obiectivului.

Conducătorului unităţii organizatorice îi revine răspunderea pentru efectuarea complexă, exactă şi în termen a analizei avariei sau incidentului.

Rezultatele analizei incidentului se consemnează de către unitatea care a efectuat analiza, într-un formular tipizat denumit „Fişa incidentului", care se aprobă de comisia tehnică a întreprinderii, în termen de 15 zile de la producerea incidentului. Pentru avarii, întreprinderea care administrează instalaţia în care a apărut incidentul primar al avariei completează o „Fişă de avarie", cu informaţii sintetice privind incidentele care intră în componenţa acesteia. Fişa de avarie astfel completată se aprobă de conducerea întreprinderii în termen de maximum 15 zile de la producerea avariei.

6.4.3. INCIDENTE ŞI AVARII CARACTERISTICE LA STAŢII SAU POSTURI DE TRANSFORMARE ŞI MĂSURI DE PREVENIRE

Determinarea cauzelor reale ale incidentelor şi avariilor şi analiza corectă din punct de vedere tehnico-ştiinţific a acestora constituie o sarcină principală a personalului de exploatare, deoarece în acest mod se pot stabili măsuri care să conducă la reducerea sau la eliminarea unor astfel de evenimente directe, cu consecinţe asupra siguranţei în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor.

Printre incidentele şi avariile care se înregistrează la staţii şi posturi de transformare, o categorie separată o constituie cele din vina personalului.

Insuficienta pregătire profesională, neatenţia, indisciplina în muncă, nerespectarea normelor tehnice şi de protecţia muncii conduc în unele situaţii la producerea unor incidente şi avarii din vina personalului, care pot fi fie manevre greşite, fie lucrări de întreţinere, încercări profilactice etc. executate necorespunzător. Dintre cele mai des întîlnite exemplificăm :

— *Deschiderea unor separatoare sub sarcină* se produce acolo unde nu există dispozitive de blocaj între întreruptoare şi separatoare, sau unde personalul anulează în timpul manevrei blocajele existente.

Deschiderea separatoarelor în sarcină se mai poate face şi datorită efectuării manevrei în altă celulă decît în cea în care condiţiile de deconectare a separatorului sînt îndeplinite. Acest gen de incident este mai răspîndit în general la instalaţiile de distribuţie construite pe mai multe niveluri.

— *Punerea sub tensiune a unor instalaţii electrice din care nu s-au scos toate scurtcircuitoarele mobile sau la care nu s-au deschis separatoarele de punere la pămînt* conduce la incidente datorate închiderii pe scurtcircuit a unor aparate de manevră. Dat fiind că scurtcircuitoarele se montează în general pe barele staţiilor sau în imediata apropiere a acestora, unde puterile de scurtcircuit au valori relativ ridicate, efectele produse sînt deosebit de grave. Astfel, la barele de distribuţie de 20 kV ale unei staţii alimentate de un transformator cu o putere de 25 MVA puterea de scurtcircuit pe bare fiind de circa 210 MVA, o avarie de acest fel conduce la distrugerea completă a celulei şi la extinderea arcului electric la ambele sisteme de bare colectoare, dacă staţia are două sisteme de bare.

— *Deconectarea eronată a unor elemente ale instalaţiei* o fac electricienii care plecînd din camera de comandă spre staţie să deconecteze

un anumit element, deconectează altul, ducînd astfel la întreruperea unor consumatori. Nu se produc în acest caz avarii în instalaţiile energetice, dar se produc uneori perturbaţii grave la consumatori.

— *Efectuarea de manevre incorecte*, cum ar fi de exemplu, neutilizarea cuplei la trecerea unor celule de pe un sistem de bare pe celălalt, ceea ce poate conduce la incidente şi avarii grave la barele colectoare.

— *Conexiuni electrice greşite*, cum ar fi legarea greşită în paralel a două transformatoare, legarea incorectă a fazelor la două linii sau cabluri care funcţionează în paralel, transformatoare de curent lăsate cu secundarul deschis etc.

— *Neluarea unor măsuri de ermetizare a instalaţiilor* în scopul împiedicării pătrunderii păsărilor sau animalelor în instalaţiile de distribuţie duce de asemenea la incidente şi avarii, datorită scurtcircuitelor provocate de acestea.

— *Neefectuarea la termen a verificărilor şi încercărilor profilactice* ale instalaţiilor face ca anumite puncte slabe ale instalaţiilor să nu fie puse în evidenţă şi să conducă la incidente şi avarii. Încercarea profilactică a instalaţiilor făcută la termenele prescrise reduce substanţial probabilitatea de avarie a acestora, conducînd la evidenţierea elementelor cu izolaţie scăzută sau ale căror caracteristici s-au modificat în timp din diferite cauze (pătrunderea umidităţii, depunerea prafului, fisurarea unor izolatoare etc.). O mare importanţă are verificarea funcţionării corecte a instalaţiilor de protecţie prin relee, a dispozitivelor de automatizare şi a aparatelor de comutare. Verificarea instalaţiilor de protecţie contra supratensiunilor atmosferice şi a instalaţiilor de legare la pămînt reduce de asemenea probabilitatea de producere a incidentelor şi avariilor.

O altă categorie importantă de incidente şi avarii ce se înregistrează în staţii şi posturi de transformare se referă la cele provocate de calitatea necorespunzătoare a aparatelor şi materialelor furnizate de constructori. Cele mai frecvente sînt :

— Întreruptoarele cu o putere de rupere reală inferioară celei înscrise pe placa cu caracteristici conduc la numeroase cazuri de explozii de întreruptoare, de sudare a contactelor acestora, de blocare a contactelor.

— Separatoare de tip exterior cu insuficientă rezistenţă mecanică, ale căror izolatoare se rup cu ocazia manevrelor, producînd avarii.

— Transformatoare de tensiune, cu circuitul magnetic subdimensionat, conduc la încălziri exagerate, respectiv la explozii şi incendii.

— Transformatoare de forţă cu defecte de concepţie şi de execuţie, care conduc la scoaterea lor din funcţiune pe termene lungi.

— Dispozitive de acţionare de la distanţă nesigure în funcţionare, ceea ce face ca instalaţiile de automatizare cu care se cuplează să nu-şi atingă scopul.

În afara acestor incidente, cu o pondere mai mică, sînt şi incidentele provocate de lucrările executate necorespunzător de unităţile de construcţii-montaj, cele provocate de forţe ale naturii (descărcări atmosferice, vînt, chiciură, viscol etc.) cele datorite poluării instalaţiilor de tip exterior, cele provocate de acţiuni ale unor persoane străine, de păsări şi animalele etc.

Pe baza experienţei de exploatare, în urma analizelor ce se fac, sînt stabilite măsurile tehnice şi organizatorice care asigură reducerea numărului şi efectele acestor incidente şi avarii.

O atenţie deosebită trebuie acordată măsurilor de prevenire a incidentelor din vina personalului. Dintre aceste măsuri cele mai importante sînt:

— Instruirea personalului de exploatare ca o activitate permanentă, dusă în mod continuu şi sistematic şi care se desfăşoară sub mai multe aspecte.

— Însuşirea de către personal a cunoştinţelor tehnice de specialitate prin instruirea la locul de muncă sau prin cursuri de perfecţionare cu scoatere din producţie pe intervale determinate, în funcţie de complexitatea cunoştinţelor care trebuie să fie asimilate.

— Însuşirea de către personal a instrucţiunilor tehnice generale şi interne.

— Efectuarea exerciţiilor de avarii, cu care ocazie se simulează diferite situaţii de avarii şi se verifică comportarea personalului de exploatare în asemenea ocazii.

— Cunoaşterea de către personal a instalaţiilor deservite, a caracteristicilor şi a posibilităţilor de supraîncărcare a elementelor conductoare de curent a aparatajului, a schemei normale de funcţionare, a interpretării funcţionării instalaţiilor de protecţie prin relee, a dispozitivelor de automatizare şi a semnalizărilor, a instalaţiilor de rezervă şi modul lor de utilizare etc.

— Verificarea aptitudinilor fizice şi psihice ale personalului de exploatare.

— Controlul periodic al instalaţiilor este cel mai important mijloc de prevenire a incidentelor şi avariilor.

— Revizia instalaţiilor se execută periodic la toate elementele instalaţiilor energetice. Este foarte important ca acestea să se efectueze la timp şi cu multă conştiinciozitate profesională.

— Încercarea profilactică a instalaţiilor se efectuează periodic şi astfel se realizează eliminarea punctelor slabe care se pun în evidenţă cu ocazia controalelor.

Deoarece avariile provocate din vina furnizorilor şi a întreprinderilor de montaj au totuşi o pondere importantă şi au uneori urmări grave, măsurile pentru prevenirea acestora sînt deosebit de importante. Dintre cele mai importante măsuri se pot cita următoarele:

— Îmbunătăţirea calităţii aparatajului şi a materialelor care se introduc în instalaţii de către furnizori.

— Utilizarea unor tehnologii necorespunzătoare la lucrările de montaj, a unor tehnologii insuficient puse la punct sau insuficient cunoscute de personalul de execuţie nu trebuie admisă. Toate operaţiile importante trebuie executate în baza unor fişe tehnologice sau a unor instrucţiuni detaliate, cu indicarea tuturor fazelor de execuţie, a caracteristicilor materialelor utilizate, a dozajelor etc.

— Recepţia instalaţiilor după montaj şi probele de punere în funcţiune se face după ce, pe parcursul efectuării lucrărilor de montaj şi la sfîrşitul acestora, unităţile de exploatare au sesizat toate deficienţele constatate şi au controlat în permanenţă calitatea lucrărilor.

Dat fiind că majoritatea incidentelor şi avariilor provocate de forţele naturii sînt cauzate de supratensiuni atmosferice şi de depuneri de chiciură, măsurile de prevenire trebuie să fie îndreptate în aceste două direcţii principale.

Pentru prevenirea incidentelor şi avariilor datorite supratensiunilor atmosferice trebuie luate următoarele măsuri:

— Instalarea de dispozitive de reanclanşare automată rapidă monofazată (RAR-M) sau trifazată (RAR-T) cu unul sau două circluri pe toate liniile aeriene, constatîndu-se din experienţă că prin acestea se reuşeşte menţinerea sub tensiune a liniilor în 80—90% din numărul total al declanşărilor acestora.

— Completarea schemelor de protecţie contra supratensiunilor ale staţiilor, posturilor de transformare şi ale intrării liniilor aeriene. În acest sens trebuie să se prevadă, conform prescripţiilor în vigoare, instalarea descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă, a celor cu coarne şi a paratrăsnetelor, la instalaţiile de distribuţie. Trebuie de asemenea să se măsoare prizele de pămînt la care sînt legate instalaţiile de protecţie contra supratensiunilor atmosferice, în scopul verificării încadrării lor în prevederile din norme. Înaintea sezonului keraunic, toate instalaţiile de protecţie contra supratensiunilor trebuie verificate şi conectate la instalaţiile pe care le protejează.

Pentru prevenirea incidentelor şi avariilor datorite depunerilor de chiciură este necesară pregătirea şi verificarea, înaintea începerii sezonului de iarnă, a instalaţiilor de topire a chiciurei. De asemenea, se vor verifica şi pune în funcţiune punctele meteorologice cu care sînt dotate staţiile electrice, în care sînt instalate, după caz, anemometre sau ane-

mografe, chicurometre, termohidrografe etc. Se vor verifica și pune în funcțiune avertizoarele de chiciură, canalele de transmisie și de recepție a semnalelor în cazul în care există.

În zonele în care există pericolul contaminării izolației instalațiilor montate în aer liber, fie prin poluare granulară (depuneri degajate de diferite întreprinderi industriale), fie prin poluare electrolitică (emanarea unor gaze care, în prezența ceții, umezelii, formează substanțe bune conductoare), este necesar să se asigure o curățire a izolației și, după caz, să se trateze izolația cu unsori siliconice sau minerale. Aceste măsuri trebuie aplicate o dată sau de două ori pe an, în funcție de gradul de poluare, liniei de fugă a izolației, microclimatului zonei etc., însă se recomandă aplicarea lor în luna octombrie și respectiv în luna octombrie și aprilie.

Aceste măsuri, precum și multe altele stabilite în urma analizelor de incidente și avarii, aplicate cu corectitudine, conduc la eliminarea punctelor slabe și la mărirea siguranței în funcționare a stațiilor și posturilor de transformare.

6.5. PREVEDERI ALE NORMELOR DE PROTECȚIA MUNCII LA EXPLOATAREA STAȚIILOR ELECTRICE ȘI POSTURILOR DE TRANSFORMARE

6.5.1. CONSIDERAȚII GENERALE

În stațiile și posturile de transformare, ca și în celelalte instalații electrice, regulile de tehnică a securității trebuie respectate întocmai, orice abatere putînd duce la accidentări grave, adeseori mortale.

Accidentele datorite curentului electric pot fi complet evitate, dacă instalațiile și aparatajul sînt construite conform normelor tehnice, dacă în timpul exploatării se păstrează distanțele minime și toate îngrădirile prevăzute în construcția instalației, dacă părțile metalice ale instalației și echipamentului, care în mod normal nu se află sub tensiune, sînt legate la o bună priză de pămînt, dacă personalul de exploatare folosește mijloacele de protecție corespunzătoare fiecărei activități în parte, dacă mijloacele de protecție sînt bine păstrate, astfel încît folosirea lor să apere de pericole și dacă personalul de întreținere și exploatare este disciplinat la lucrări.

Personalul care își desfășoară activitatea în stațiile eleectrice și posturile de transformare trebuie să îndeplinească condițiile prevăzute în normativul MEE-PE 119.

Din punct de vedere al măsurilor de securitate, lucrările care se execută în instalațiile electrice se împart în două categorii:

— lucrări cu scoaterea de sub tensiune;

— lucrări fără scoatere de sub tensiune.

Se consideră lucrări cu scoatere de sub tensiune acele lucrări la care, în funcție de tehnologia adoptată, se scoate de sub tensiune întreaga instalație sau doar acea partea a instalației la care urmează a se lucra, în condiții de securitate.

Pentru executarea lucrărilor cu scoaterea de sub tensiune a instalațiilor sînt necesare luarea unor măsuri tehnice pentru deliminatrea zonelor protejate și a zonelor de lucru.

Prin *zonă protejată* se înțelege zona care conține instalația sau instalațiile la care se execută lucrări și în care s-au luat măsuri de către personalul unității de exploatare menite să împiedice apariția accidentală a tensiunii.

Mărimea zonei protejate se stabilește în funcție de complexitatea instalației și de condițiile în care se execută lucrările, fiind cuprinsă între punctele de unde s-a făcut separația vizibilă, respectiv de unde s-au scos de sub tensiune instalația sau instalațiile la care se lucrează.

Prin *zonă de lucru* se înțelege zona în care personalul execută lucrări la un moment dat.

În vederea realizării zonei protejate trebuie luate următoarele măsuri tehnice, în ordinea indicată mai jos:

a) întreruperea tensiunii și separarea vizibilă a instalației.

b) blocarea aparatelor de comutație prin care s-a făcut separația vizibilă și montarea indicatoarelor de securitate cu caracter de interzicere;

c) verificarea lipsei de tensiune;

d) legarea instalației la pămînt și în scurtcircuit.

Numai după luarea acestor măsuri, instalația se consideră scoasă de sub tensiune.

În vederea realizării zonei de lucru, trebuie luate următoarele măsuri tehnice, în ordinea indicată mai jos:

a) verificarea lipsei de tensiune;

b) legarea instalației la pămînt și în scurtcircuit (operație care cuprinde și descărcarea sarcinilor capacitive);

c) delimitarea materială a zonei de lucru;

d) măsuri tehnice de asigurare împotriva accidentelor de natură neelectrică.

6.5.2. MĂSURI SPECIFICE DE PROTECȚIA MUNCII PENTRU EXPLOATAREA INSTALAȚIILOR ELECTRICE

Instalațiile electrice sînt supravegheate în mod permanent de către o categorie de personal operativ (denumit și personal de supraveghere), care are sarcina de a urmări mărimi fizice, semnalizări sau alte informații, în scopul de a interveni operativ, în caz de necesitate, pentru menținerea funcționalității sistemului energetic, prin eliminarea sau izolarea defecțiunilor apărute. În aceste situații, personalul de supraveghere execută controlul pentru depistarea defectelor, manevrelor și remedierea (totală, parțială sau prin provizorate) acestor defecte, precum și înregistrarea semnalizărilor.

Personalul de supraveghere a instalațiilor electrice își exercită activitatea în tură, fie cu prezență directă în instalațiile pe care le deservește, sau la domiciliu (aflat în imediata apropiere), fie la distanță, primind informații telefonice sau cu ajutorul instalațiilor de telesemnalizare, telemăsură, sau telecomandă.

Instalațiile supravegheate de personalul aflat chiar în interiorul acestora sau la domiciliu în apropiere se numesc instalații cu personal permanent, iar cele supravegheate de la distanță, instalații fără personal permanent.

Personalul de supraveghere a instalațiilor electrice execută în afara sarcinilor de mai sus și lucrări pe bază de atribuții de serviciu (AS) sau de instrucțiuni tehnice interne (ITI-P).

De asemenea, în cazul în care supravegherea este exercitată în ture formate din două sau mai multe persoane, în instalații cu personal permanent, la dispoziția emitentului personalul de supraveghere (în afara șefului de tură) poate participa la lucrările de revizii sau de reparații, prin includerea sa în formațiile de lucru de specialitate. În timpul lucrărilor, personalul de supraveghere introdus în formațiile de lucru de revizii sau reparații se subordonează șefului de lucrare. Acest personal poate fi scos din formația respectivă, la cererea șefului de tură, în cazuri bine justificate.

Controlul instalațiilor electrice poate fi efectuat de:

a) personalul de deservire operativă, constituind atribuție de serviciu;

b) personalul tehnico-ingineresc care are ca sarcină executarea acestui control și care în talonul de autorizare are precizat dreptul de control în instalația respectivă;

c) personalul echipelor de intervenție, special instruit și autorizat, pentru controlul instalațiilor fără personal permanent.

Manevrele în instalațiile electrice se execută de două persoane, avind grupa a IV-a, respectiv a II-a de autorizare. Se poate ca manevrele să se execute și de către o singură persoană avind grupa a IV-a de autorizare, în următoarele situații:

a) în cazul instalațiilor de joasă tensiune (cu excepția celor subterane cu acces prin trape);

b) în cazul instalațiilor cu personal permanent, deservite de către o singură persoană în tură (cu excepția montării sau demonătiii scurtcircuitoarelor mobile);

c) în cazul instalațiilor de înaltă tensiune fără personal permanent, prezentînd o schemă simplă, cu aprobarea conducerii subunității de exploatare (cu excepția montării sau demontării scurtcircuitoarelor mobile);

d) în cazurile de deconectare a întreruptoarelor și de debroșare (sau de scoatere) a întreruptoarelor debroșabile din celule.

Manevrele se execută conform celor indicate în subcap. 6.2.

6.5.3. MĂSURI DE PRIM AJUTOR ÎN CAZ DE ACCIDENTARE

La executarea lucrărilor în stațiile electrice, posturi de transformare sau puncte de alimentare pot avea loc următoarele categorii de accidentări:

— electrocutări;
— arsuri;
— mecanice.

La trecerea unui curent electric prin corpul omenesc are loc fenomenul de electrocutare, cu influențe din cele mai puternice asupra sistemului nervos și a inimii.

Efectele electrocutării sînt influențate de mai mulți factori, printre care și frecvența curentului electric. S-a stabilit că frecvența de 50 Hz, deci frecvența utilizată și în țara noastră este foarte periculoasă.

Luînd în considerare rezultatele obținute de diferiți cercetători, se poate considera că limita maximă a curentului nepericulos este de 10 mA, pentru curentul alternativ și de 50 mA, pentru curentul continuu.

Valoarea curentului electric care trece prin corpul omenesc depinde de doi factori:

— tensiunea la care este supus omul;
— rezistența electrică a corpului omenesc în momentul atingerii.

Măsurile de prim-ajutor depind de starea în care se află accidentatul după scoaterea lui de sub tensiune.

a) Dacă accidentatul nu şi-a pierdut cunoştinţa, însă a fost anterior în nesimţire sau a stat un timp îndelungat sub curent, trebuie să i se asigure o linişte perfectă pînă la venirea medicului.

Dacă medicul nu poate fi chemat imediat, accidentatul trebuie să fie transportat de urgenţă la punctul sanitar, asigurîndu-se mijloacele de transport necesare.

b) Dacă accidentatul şi-a pierdut cunoştinţa, însă îşi păstrează respiraţia, el trebuie aşezat într-o poziţie comodă. I se vor descheia hainele, se vor îndepărta persoanele de prisos, i se va da să miroase amoniac, i se va fricţiona şi încălzi corpul. Dacă accidentatul respiră neregulat, foarte rar şi spasmodic, ca un muribund, i se va face respiraţie artificială.

c) Dacă nu există convingerea că victima mai este în viaţă (respiraţia, bătăile inimii, pulsul sînt foarte slabe sau imperceptibile), accidentatul nu trebuie să fie considerat decedat, deoarece moartea poate fi doar aparentă. În această stare, trebuie să i se acorde imediat primele ajutoare, prin efectuarea respiraţiei artificiale, în caz contrar se periclitează ireversibil viaţa accidentatului. Respiraţia artificială trebuie efectuată fără întrerupere pînă la sosirea medicului, care, în aceste cazuri, trebuie chemat imediat.

Metodele de reanimare prin respiraţie artificială sînt:

— metoda de respiraţie artificială prin insuflare (gură la nas sau gură la gură);

— metoda de respiraţie artificială cu ajutorul aparatelor speciale;

— metode de respiraţie artificială manuale;

— procedee complimentare de reanimare (inhalarea oxigenului).

Personalul care intervine în operaţia de salvare prin respiraţie artificială trebuie să ţină seama permanent de următoarele reguli generale:

a) Rapiditatea cu care se intervine pentru începerea acţiunii de respiraţie artificială trebuie să fie maximă.

b) Operaţia de respiraţie artificială nu poate fi întreruptă decît de către medic, singurul care poate hotărî asupra stării victimei. Operaţia se va prelungi pînă la readucerea la viaţă a victimei sau pînă la ordonarea întreruperii ei de către medic.

c) Supravegherea după readucerea la viaţă a accidentatului este obligatorie, în aşa fel încît să se poată acţiona în caz de nevoie.

Singura persoană competentă care poate să stabilească moartea accidentatului este medicul.

Efectul de electrocutare este însoţit în toate cazurile de arsuri provocate fie prin atingere directă cu conductoarele neizolate, fie prin acţiunea arcului electric, ce se poate amorsa între conductoare şi diferite părţi ale corpului victimei.

Aceste arsuri pot fi :
- arsuri localizate ;
- arsuri întinse.

Arsurile pot proveni fie prin acțiunea directă a curentului electric, fie prin aprinderea veșmintelor victimei, ca urmare a efectului provocat de arcul electric.

Arsurile localizate, care nu sînt întinse pe suprafețe mari și nu sînt nici profunde, se vor trata la fața locului.

Arsurile grave, profunde sau întinse se vor trata de personalul medical necesitînd spitalizare.

6.6. PREVEDERI ALE NORMELOR DE PREVENIRE ȘI STINGERE A INCENDIILOR LA EXPLOATAREA STAȚIILOR ELECTRICE ȘI POSTURILOR DE TRANSFORMARE

6.6.1. CONSIDERAȚII GENERALE

Stațiile electrice și posturile de transformare sînt obiective care se încadrează în categoria „C" și „D" de pericol de incendiu, în conformitate cu normele republicane de pază și stingere a incendiilor.

În aceste condiții, atît la construcțiile, cît și instalațiile obiectivelor energetice respective se impune luarea unor măsuri severe referitoare la organizarea activității de prevenire și stingere a incendiilor.

Obligația și răspunderea pentru realizarea deplină a măsurilor de pază contra incendiilor, a instructajului și pregătirii personalului în acest sens o au, potrivit atribuțiilor ce le revin, cei ce conduc, organizează și controlează activitatea.

6.6.2. REGULI PRIVIND FUMATUL ȘI FOLOSIREA FOCULUI DESCHIS

Este interzis cu desăvîrșire fumatul și folosirea focului deschis în locurile unde există pericol de incendiu și explozie, ca de exemplu : încăperile bateriilor de acumulatoare, încăperile secțiilor de epurare chimică a apei unde se folosește hidrazina, magazii, depozite, laboratoare, poduri de cabluri, canale și puțuri de cabluri, tuneluri, camere de

telecomunicaţii, panouri de comandă şi automatizări, instalaţiile reţelelor de apă, abur, turnuri de decuvare a transformatoarelor, garaje, depozite exterioare de acetilenă, carbid şi carburanţi lichizi, în apropierea rezervoarelor de ulei, depozite cu hidrogen, staţiile de alimentare a maşinilor cu carburaanţi etc.

În aceste locuri se vor afişa anunţuri „Fumatul oprit“ şi „Pericol de foc“. Se interzice amenajarea locurilor de fumat în aceste spaţii. Totodată, în toate locurile menţionate mai sus, se interzice iluminatul cu chibrituri, lămpi de petrol, facle, hîrtie aprinsă şi lumînări.

În celelalte încăperi din staţiile electrice, cum este de exemplu camera de comandă, fumatul va fi permis în puncte special amenajate şi dotate, care nu prezintă pericol de incendiu.

6.6.3. REGULI CU CARACTER SPECIAL PENTRU PREVENIREA INCENDIILOR LA PRINCIPALELE INSTALAŢII ENERGETICE

Transformatoare (autotransformatoare, bobine de stingere, bobine de şuntare şi reactoare). La transformatoarele aflate sub tensiune se va urmări respectarea întocmai a instrucţiunilor de exploatare şi a controalelor periodice ţinînd seama că pericolul de incendiu constă în faptul că uleiul se descompune la apariţia unui arc electric, iar gazul rezultat în contact cu aerul, în proporţie de 8—40%, este exploziv. Întrucît, în general, incendierea uleiului din transformatoare se datoreşte defectelor interne, ale funcţionării în suprasarcină sau cu sistemul de răcire deconectat, respectarea instrucţiunilor de exploatare şi a normelor privind controalele şi întreţinerea instalaţiilor este de primă importanţă.

Instalaţii electrice de distribuţie (circuite primare). La instalaţii electrice de distribuţie (circuite primare) pericol de incendiu prezintă echipamentele care conţin ulei sau izolaţie combustibilă (întreruptoare şi transformatoare de măsură) şi care, datorită unor defecte în interior sau la depăşirea parametrilor de funcţionare, pot provoca explozii urmate de aprinderea substanţelor combustibile.

Baterii de acumulatoare. Deoarece bateriile de acumulatoare sînt instalaţii care pot prezenta pericol de incendiu sau explozii, personalul operativ va acorda o atenţie deosebită regulilor de exploatare şi întreţinere a acestora.

Concentraţia maximă admisibilă la acid sulfuric, anhidridă sulfurică şi hidroxizi alcalini în aer este de 1 mg/m^3 aer. Această limită se consideră respectată, dacă se asigură debitul de aer necesar pentru ventilaţia prevăzută în proiect.

Pe ușile camerelor de acumulatoare se prevede un indicator de securitate „NU INTRAȚI CU FOC !". În interiorul camerelor de acumulatoare se prevăd inscripții: „FUMATUL ȘI FOCUL STRICT INTERZISE, PERICOL DE EXPLOZIE !"

Instalații de măsurat, protecție, automatizări, control și telecomandă. Pentru înlăturarea pericolului de incendiu, la lucrările de reparații și modificări în instalațiile existente, este interzisă utilizarea cablurilor de comandă, control și a conductoarelor izolate în învelișuri din materiale combustibile, precum și clemelor de șir și tilelor combustibile.

Gospodării de cabluri. Pentru evitarea pericolului de incendiu la gospodăriile de cabluri, atenția personalului de exploatare se va îndrepta asupra principalelor cauze ale incendiilor: defecte interioare ale cablurilor, supraîncălzire acestora, căderi peste cabluri a materialelor incandescente, apropierea de surse exterioare de căldură etc.

Din punct de vedere PSI, toate cablurile normale se consideră materiale combustibile. În consecință, sînt necesare măsuri de prevenire și combatere a incendiilor la toate gospodăriile de cabluri.

Instalații de producere și distribuție a aerului comprimat. La rezervoarele de aer comprimat se vor lua măsuri pentru a se evita scăpările de ulei de la supapele compresoarelor, care în combinație cu oxigenul, în prezența particulelor silicioase și feruginoase, formează un amestec foarte inflamabil.

Motoare electrice. Pentru evitarea pericolelor de incendiu datorite încălzirii înfășurărilor, a fierului statorului și rotorului, ca rezultat al scurtcircuitării înfășurărilor, al funcționării în suprasarcină a motorului electric, al funcționării motoarelor trifazate în două faze, al gripării arborelui motorului și al frecării rotorului de stator și ca urmare a uzurii lagărelor, se va da o atenție deosebită respectării instrucțiunilor de exploatare și controlului periodic al instalațiilor.

Gospodării de ulei. Pentru prevenirea incendiilor la rezervoarele de ulei, accesul la rezervoarele exterioare va fi interzis persoanelor străine, prin împrejmuriri prevăzute cu uși încuiate. Toate instalațiile unei gospodării de ulei vor fi prevăzute cu indicatoare de securitate asupra pericolului de incendiu.

Dotarea obiectivelor energetice cu materiale tehnice și produse pentru combaterea incendiilor se face conform normativului de PSI. PE 009.